行政院農業委員會農業試驗所
ISSN 1017-0863

技術服務

季刊

2019年9月

119

2019.Vol.30 No.3

世界酪梨生產與市場概況

咖啡果小蠹發生生態與綜合防治策略簡介

根圈土壤微生物與作物生長交感研究之探討

探討結合誘變、小孢子培養與試管內篩選輔助育種平台之建立

農試所自動化作物表型體設施簡介

Technical Service Quarterly Bulletin,Taiwan Agricultural Research Institute.

第30卷第3期

中華民國108年9月出版

目錄

封面說明：咖啡果小蠹於民國96年首度於台灣發現，逐漸擴散至重要的咖啡生產區，本所針對咖啡果小蠹的發生生態及綜合防治方法進行簡介，提供農民進行田間管理之參考。

◎圖/文 嘉義分所 王泰權

行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊
出 版 者/行政院農業委員會農業試驗所
創刊年月/民國79年3月
發 行 人：林學詩
總 編 輯：方尚仁
執行編輯：黃淑華
地　　址：台中市霧峰區萬豐里中正路189號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：(04)23302301~5
農民服務專線：04-23317456
本刊內容已全文上網，歡迎訂閱農業試驗所電子報，詳情請見本所網站-便民服務-訂閱電子報。
版權所有、轉載須經本所同意
展售書局：
■五南文化廣場　台中市中山路6號 (04) 22260330
■國家書店松江門市
台北市松江路209號1樓 (02) 25180207 (代表號)
■國家網路書店：http：//www.govbooks.com.tw
承 印 者：農世股份有限公司
台中市漢口路3段55巷21號 (04) 22932036
定　　價：NT 35 元
行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第8276號
中華郵政中台字第0759號執照登記為雜誌交寄

GPN：2007900008
ISSN：1017-0863　NT$35

園藝作物

■世界酪梨生產與市場概況
江秀娥 1

應用動物

■咖啡果小蠹發生生態與綜合防治策略簡介
王泰權 梁鈺平 7

植物生理

■根圈土壤微生物與作物生長交感研究之探討
賴明信 李長沛 高岱君 11

生物技術

■探討結合誘變、小孢子培養與試管內篩選輔助育種平台之建立
夏奇鋌 陳威臣 林子凱 許秀惠 林楨祐 16

■農試所自動化作物表型體設施簡介
林思妤 林大鈞 楊佐琦 21

生物統計

■利用RStudio及roxygen2套件建立屬於自己的R套件
楊滿霞 26

農業推廣

■以IPA法探討百香果栽培管理班教育訓練成效
吳惠卿 劉禎祺 31

■淺談農業試驗所(TARI)近年(104-107年)農業科技研發經費結構變化及因應策略
楊于萱 張純婉 邱瓊慧 36

新聞訊息

■種苗品質管控新利器「蘭花植體營養健康指標」
戴廷恩 40

■鳳梨果實快速截切技術 小型農產加工的新利器
唐佳惠 陳甘澍 41

世界酪梨生產與市場概況

農試所農經組 江秀娥

一、前言

酪梨是金氏世界紀錄記載最為營養的水果，近年來健康養生風潮帶動酪梨的需求增加，但台灣酪梨生產面積並不多(表一)，2007年僅有682公頃，之後持續下降至492公頃。然而，近年卻因產地價格不斷上升，栽培面積也持續增加。台灣酪梨是屬於內需型的市場，目前外銷量極少，一旦生產過多，面臨淺碟型市場銷售壓力，價格將因供給大於需求導致下跌之危機。為避免農民只因市場價格看漲而投入生產，本文先就酪梨產業的世界趨勢進行概略的說明，提供生產者投入種植之參考。

二、世界酪梨生產概況

全世界酪梨的生產趨勢持續向上成長，2013年收穫面積為49.6萬公頃(表二)，至2017年為58.7萬公頃，年平均成長率為4.3%(表三)；總產量方面，從2013年的463萬公噸，以年平均成長率6.3%速度上升，至2017年超過592萬公噸。

從各區域別來看，酪梨主要產區為美洲，2017年總收穫面積為40.6萬公頃，占世界收穫面積69%；總產量438萬公噸，占世界總產量74%。該地區面積與產量年平均成長率分別為4.9%與7.2%，其中又以中、南美洲為主，不論收穫面積或產量皆有成長，但北美地區的生產呈現萎縮現象。

2017年非洲的酪梨產量僅次於美洲，但其收穫面積年平均成長率僅有1.9%，產量成長率為2.8%，其中南非地區還呈現負成長。

雖然亞洲地區的酪梨收穫面積僅占世界總收穫面積11.4%，但其年平均成長率達6.2%，產量成長率也有6.4%，未來極可能是一個新興的產區，尤其是東南亞地區。

作　　者：江秀娥副研究員兼組長
連絡電話：04-23317650

表一、 台灣酪梨近年生產與產地價格

年度	種植面積(公頃)	產量(公噸)	產地價格（元/公斤）
2007	682	10,036	46. 5
2008	631	8,976	44.5
2009	600	7,517	50.6
2010	537	7,219	51.1
2011	495	6,174	57.0
2012	492	6,074	70.4
2013	534	6,630	61.8
2014	561	7,078	68.5
2015	634	7,645	73.4
2016	675	7,426	78.0
2017	715	8,918	80.3

資料來源:農委會農業統計資料查詢-動態查詢。

中南美洲為酪梨主要產區，其中，墨西哥為世界最大的酪梨生產國(表四)，2017年收穫面積18萬8千公頃，產量將近203萬公噸；其次為祕魯，2014年原排名第4位，2017年已躍昇為第2位，收穫面積3萬9千公頃，產量為46萬公噸以上。其他主要生產國包括哥倫比亞、智利、美國、多明尼加、巴西等。

大多數酪梨生產國的生產皆呈現增加趨勢，僅有少數國家，如智利、美國、南非、紐西蘭等收穫面積與產量呈現減少現象。

三、世界酪梨貿易概況

酪梨的貿易量也逐年提升，2014年世界總出口量達141萬公噸(表五)，出口值超過30億美元；至2017年總出口量值已

表二、世界酪梨主要生產區生產概況

生產區	收穫面積 (公頃)					產量 (公噸)				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
世界	496,208	519,190	544,022	571,879	587,278	4,632,934	5,037,461	5,293,399	5,614,649	5,924,398
美洲	336,071	350,952	371,447	392,079	406,464	3,318,709	3,590,674	3,826,245	4,141,482	4,385,364
北美洲	24,767	23,876	23,990	23,200	22,900	166,106	179,124	207,750	124,860	132,730
中美洲	158,698	168,332	184,021	197,826	206,552	1,590,047	1,649,508	1,789,890	2,043,510	2,188,731
加勒比海	30,425	31,191	31,672	31,039	33,073	489,958	623,227	636,887	706,463	747,430
南美洲	122,181	127,553	131,764	140,014	143,939	1,072,599	1,138,816	1,191,719	1,266,648	1,316,473
非洲	79,893	86,417	81,312	88,966	85,251	633,265	731,363	653,731	698,438	694,224
東非	26,523	29,624	26,472	32,442	33,624	323,410	400,557	329,032	366,039	384,759
中非	27,012	26,963	27,610	28,276	28,839	154,292	147,482	150,245	153,983	157,116
北非	3,134	2,629	3,453	3,837	3,535	28,385	32,207	43,049	42,578	42,023
南非	16,136	20,154	16,625	17,185	11,981	84,529	108,114	87,124	90,416	63,857
西非	7,088	7,047	7,152	7,226	7,272	42,648	43,003	44,282	45,422	46,469
亞洲	53,262	57,105	64,574	60,169	67,022	529,078	565,913	648,121	584,822	665,492
東亞	17,000	17,500	18,736	19,556	20,266	112,000	116,000	118,203	122,875	124,110
南亞	1,373	1,655	1,775	1,800	2,923	11,370	15,620	18,000	19,000	30,606
東南亞	26,720	29,117	35,257	29,369	34,097	314,460	331,740	407,070	329,247	387,526
西亞	8,169	8,833	8,807	9,443	9,735	91,249	102,553	104,848	113,699	123,249
歐洲	11,757	11,766	12,227	12,285	12,666	72,895	80,832	90,131	95,992	97,618
南歐	11,406	11,482	11,931	12,057	12,424	71,915	79,875	89,190	94,086	95,504
西歐	351	284	296	228	242	980	957	941	1,906	2,115
大洋洲	15,225	12,950	14,461	18,381	15,875	78,987	68,678	75,170	93,916	81,700
紐澳	15,169	12,893	14,405	18,326	15,819	77,582	67,238	73,723	92,453	80,217

資料來源：FAO。

達199萬公噸、58億美元，出口量平均年成長率達13%，出口值平均年成長率高達30%以上。

墨西哥一直位居出口龍頭地位，其出口量占世界總出口量的45%，出口值占比將近50%，出口量值皆呈現增長趨勢。祕魯則位居第二名，年出口量達24.7萬公噸，占比為12.4%，出口值達5.8億美元，占比為10%，也是呈現年年成長態勢。荷蘭雖有19萬公噸出口量，但其並未生產酪梨，屬轉口貿易；智利與西班牙也是酪梨的主要出口國，2017年出口量皆達10萬公噸以上，出口值分別達4.8億美元與3.4億美元。

而在酪梨的進口概況，前10大進口市場為美國、荷蘭、法國、英國、西班牙、加拿大、德國、日本、中國及比利時(表六)，主要集中於歐、美國家，亞洲市場以日本及中國為主。

美國為全球最大進口市場，2017年進口量高達90萬公噸，進口值27億美元，占世界總進口值的44.7%，呈現明顯成長趨勢。荷蘭為第2大進口國家，2017年進口20萬7千公噸，但有19萬公噸出口；法國為第3大進口市場年進口量皆在10萬公噸以上，其中雖有2萬公噸出口，大部分還是留在法國消費。由此可見，世界酪梨的主要消費市場在美國、加拿大與歐洲國家。

酪梨的亞洲市場為鄰近我國的二個主要市場-日本與中國。日本市場年進口量達6萬公噸以上(表七)，需求量較為平穩，但進口值卻呈現上揚趨勢，顯示平均進口價格上漲。日本進口酪梨的主要來源是墨西哥，2017年進口量占92.6%，進口值占92.4%；美國是第2位，但祕魯後來居上，進口量值成長快速，其市場競爭潛力大。

中國是酪梨的新興市場，被視為潛力相當大的市場，成長快速，2013年進口量1,498公噸，至2017年進口量達3.2萬公噸(表八)，成長超過20倍。原進口來源國主要為墨西哥，但2016年已被智利取代，而且祕魯酪梨進口量值也逐年上升，可見中國市場乃各國爭相拓展的市場之一。

依據FAO分析指出(Sabine,2019)，由於消費者偏好的驅動，酪梨近年來已成為最大需求的熱帶果品之一，2018年1-6月世界總出口量較2017年同期成長22%，躍居主要熱帶果品出口成長率(香蕉20%、鳳梨17%、芒果7%、木瓜18%)之冠，也刺激各國紛紛投資生產。然而，酪梨的進口價格波動受供應量影響大，2017年因氣候因素造成供應短缺，價格高漲；而2018年則因供應量大，使得平均價格從2月份每公噸3,040美元高點，下跌至8月份每公噸1,970美元。由此可見，雖然整體酪梨的市場需求呈現上升趨勢，但供應量也越來越多，價格是否能持續上漲，值得密切關注。

四、結論

根據各方資料顯示，酪梨產業頗有世界的明日之星的趨勢，不論生產、貿易，皆呈現成長態勢，近年來在台灣的市場需求與價格亦頗具吸引力。台灣的酪梨生產面積與產量不多，受限於生產

表三、世界酪梨主要生產區成長概況

生產區	面積年成長率(%)					產量年成長率(%)				
	2014	2015	2016	2017	平均	2014	2015	2016	2017	平均
世界	4.6	4.8	5.1	2.7	4.3	8.7	5.1	6.1	5.5	6.3
美洲	4.4	5.8	5.6	3.7	4.9	8.2	6.6	8.2	5.9	7.2
北美洲	-3.6	0.5	-3.3	-1.3	-1.9	7.8	16.0	-39.9	6.3	-2.4
中美洲	6.1	9.3	7.5	4.4	6.8	3.7	8.5	14.2	7.1	8.4
加勒比海	2.5	1.5	-2.0	6.6	2.2	27.2	2.2	10.9	5.8	11.5
南美洲	4.4	3.3	6.3	2.8	4.2	6.2	4.6	6.3	3.9	5.3
非洲	8.2	-5.9	9.4	-4.2	1.9	15.5	-10.6	6.8	-0.6	2.8
東非	11.7	-10.6	22.6	3.6	6.8	23.9	-17.9	11.2	5.1	5.6
中非	-0.2	2.4	2.4	2.0	1.7	-4.4	1.9	2.5	2.0	0.5
北非	-16.1	31.3	11.1	-7.9	4.6	13.5	33.7	-1.1	-1.3	11.2
南非	24.9	-17.5	3.4	-30.3	-4.9	27.9	-19.4	3.8	-29.4	-4.3
西非	-0.6	1.5	1.0	0.6	0.6	0.8	3.0	2.6	2.3	2.2
亞洲	7.2	13.1	-6.8	11.4	6.2	7.0	14.5	-9.8	13.8	6.4
東亞	2.9	7.1	4.4	3.6	4.5	3.6	1.9	4.0	1.0	2.6
南亞	20.5	7.3	1.4	62.4	22.9	37.4	15.2	5.6	61.1	29.8
東南亞	9.0	21.1	-16.7	16.1	7.4	5.5	22.7	-19.1	17.7	6.7
西亞	8.1	-0.3	7.2	3.1	4.5	12.4	2.2	8.4	8.4	7.9
歐洲	0.1	3.9	0.5	3.1	1.9	10.9	11.5	6.5	1.7	7.6
南歐	0.7	3.9	1.1	3.0	2.2	11.1	11.7	5.5	1.5	7.4
西歐	-19.1	4.2	-23.0	6.1	-7.9	-2.3	-1.7	102.6	11.0	27.4
大洋洲	-14.9	11.7	27.1	-13.6	2.5	-13.1	9.5	24.9	-13.0	2.1
紐澳	-15.0	11.7	27.2	-13.7	2.6	-13.3	9.6	25.4	-13.2	2.1

資料來源:FAO，本研究整理。

表四、世界酪梨主要生產國生產概況

生產國	收穫面積 (公頃)					產量 (公噸)				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
墨西哥	144,244	153,771	166,945	180,536	188,723	1,467,837	1,520,695	1,644,226	1,889,354	2,029,886
祕魯	25,753	30,320	33,590	37,871	39,489	288,387	349,317	367,110	455,394	466,758
哥倫比亞	32,089	34,513	36,461	40,057	39,172	294,997	288,739	309,852	294,389	314,275
智利	36,355	31,727	29,908	29,933	30,078	165,000	160,000	148,459	140,558	133,636
美國	24,767	23,876	23,990	23,200	22,900	166,106	179,124	207,750	124,860	132,730
多明尼加	12,922	12,927	13,112	13,375	14,571	387,546	513,961	526,438	601,349	637,688
巴西	9,664	9,450	10,356	10,907	12,940	157,482	156,699	180,652	196,422	213,041
澳洲	11,000	9,000	10,226	14,107	11,840	52,982	43,969	49,397	67,600	56,501
南非	16,000	20,000	16,471	17,025	11,814	83,718	107,176	86,189	89,440	62,840
西班牙	10,800	10,893	11,329	11,441	11,812	69,400	77,401	86,636	91,509	92,936
肯亞	11,439	11,583	8,486	10,305	11,605	177,799	218,692	136,420	176,045	194,279
以色列	7,250	7,654	7,579	8,180	8,410	80,000	91,035	93,000	101,500	110,000
紐西蘭	4,169	3,893	4,179	4,219	3,979	24,600	23,269	24,326	24,853	23,716

資料來源:FAO。

季節無法全年供應，國外的酪梨已全年進口，主要來源為美國，其次為紐西蘭。2018年酪梨總進口量為897公噸(表九)，進口值達486萬美元，進口單價高達每公斤5.43美元。

由FAO分析可看出，雖然目前酪梨產業蓬勃發展，一旦面臨市場供應量大，價格仍然巨幅下跌，直接影響農民的收益。況且，台灣市場小，目前生產供應目標也以內銷為主，收穫季節仍較為

表五、世界酪梨主要出口國及出口量值

出口國	出口量 (公噸)				出口值 (千美元)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
世界總出口	1,418,783	-	1,871,358	1,992,608	3,021,460	3,219,968	4,326,533	5,825,489
墨西哥	648,729	863,503	926,598	897,560	1,395,254	1,632,463	2,102,981	2,901,063
祕魯	179,093	-	194,121	247,192	300,111	306,269	396,888	580,399
荷蘭	106,569	108,518	147,540	190,715	302,989	322,613	477,240	635,872
智利	111,675	90,010	147,124	177,236	223,893	195,275	371,935	479,290
西班牙	74,230	81,581	91,568	107,005	195,971	212,749	269,105	343,008
肯亞	28,895	38,858	46,682	51,507	37,082	52,086	63,991	77,997
美國	37,005	37,886	53,350	50,924	111,854	99,398	128,665	152,379
南非	65,845	57,665	57,866	43,492	90,166	70,885	72,202	64,117
哥倫比亞	1,760	5,543	18,201	28,487	3,573	10,279	35,040	52,948
法國	18,651	19,473	20,292	22,881	44,505	46,542	58,282	70,940
以色列	34,828	24,137	25,324	21,527	84,922	52,635	41,683	69,373
紐西蘭	29,046	19,183	25,873	17,869	99,025	62,854	87,720	87,026
摩洛哥	7,743	7,533	6,229	16,397	13,353	16,757	16,935	45,935
多明尼加	19,272	15,272	26,357	15,162	22,530	16,586	33,449	48,860

資料來源:ITC。

表六、世界十大酪梨進口國及進口量值

進口國	進口量 (公噸)				進口值 (千美元)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
世界總進口	1,535,424	1,756,367	1,943,541	2,081,026	3,425,893	3,761,342	4,822,730	6,107,572
美國	729,142	867,364	859,606	900,198	1,603,046	1,703,479	1,992,886	2,727,914
荷蘭	143,221	144,385	185,889	207,465	284,072	308,602	479,924	552,559
法國	119,098	116,304	134,360	145,967	270,289	280,943	376,780	447,248
英國	53,128	77,391	99,882	107,598	111,335	169,549	242,375	282,524
西班牙	52,816	60,956	87,427	98,056	100,195	126,940	197,014	249,871
加拿大	61,087	70,020	77,845	79,892	160,935	155,597	174,406	224,033
德國	37,715	48,436	58,453	70,911	111,557	148,032	203,410	269,794
日本	57,600	57,588	73,915	60,635	168,569	153,516	211,145	205,327
中國	4,066	15,989	25,128	32,137	11,956	45,168	78,388	107,251
比利時	16,595	20,050	29,302	28,374	34,342	44,015	71,009	81,882

資料來源:ITC。

表七、日本市場進口酪梨概況

進口來源國	進口量 (公噸)					進口值 (千美元)				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
合計	60,458	57,600	57,588	73,915	60,635	162,020	168,569	153,516	211,145	205,327
墨西哥	52,922	52,273	55,105	68,531	56,118	139,390	150,934	145,852	195,083	189,728
祕魯	-	-	25	969	3,369	-	-	55	2,414	10,952
美國	5,957	2,994	1,546	2,717	540	18,261	10,844	5,071	7,963	2,603
紐西蘭	686	1,567	812	1,522	490	2,218	4,767	2,260	4,805	1,627
智利	892	765	100	175	118	2,151	2,024	277	880	417

資料來源:ITC。

表八 中國市場進口酪梨概況

進口來源國	進口量 (公噸)					進口值 (千美元)				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
總進口	1,498	4,066	15,989	25,128	32,137	3,392	11,956	45,168	78,388	107,251
智利	-	100	2,263	11,565	16,707	-	293	6,720	35,737	53,766
墨西哥	1,427	3,966	13,582	9,996	8,754	3,284	11,663	38,145	31,750	31,228
祕魯	-	-	144	3,568	6,667	-	-	303	10,898	22,246

資料來源:ITC。

表九、台灣市場進口酪梨概況

進口來源國	進口量 (公噸)					進口值 (千美元)				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
總進口	147	240	456	602	897	784	1,286	2,412	3,879	4,866
美國	119	172	331	394	642	618	878	1,607	2,309	3,264
紐西蘭	28	67	124	208	255	165	408	805	1,570	1,602

資料來源:ITC。

集中7-8月，倘若產量過多，也會造成市場價格不如預期。

台灣酪梨是否有外銷機會?全球市場自由化競爭激烈，主要酪梨的供應國家皆已建立完整的行銷通路，且以Hass品種行銷全球，即使距離我國最近的中國、日本，也由墨西哥、祕魯、智利等國家盤據市場。我國酪梨生產品種相當多樣，但都不是世界貿易的主要品種，且個別農民生產規模小，不易規格化，集貨、包裝、物流有一定的難度，再加上出口檢疫問題，想要外銷酪梨並不容易，一旦生產過多，想要直接由內銷轉為外銷，不是一夕可達成。農民投資生產前，應審慎評估。

五、參考文獻

FAO, 2019, Major Tropical Fruits Market Review 2017.

Sabine Altendorf, 2019, Development in Bananas and Major Tropical Fruits, Food Outlook November 2018:29-30.

咖啡果小蠹
發生生態與綜合防治策略簡介

農試所嘉義分所 王泰權 梁鈺平

一、前言

咖啡為茜草科 (Rubiaceae) 的作物，長久以來為大眾喜愛的飲品，根據農糧署的統計資料，台灣咖啡種植面積於民國97年度僅為608.32公頃，近10年來面積逐漸擴大，至民國106年種植面積已達1,127.60公頃。以往台灣的咖啡蟲害僅有咖啡木蠹蛾、介殼蟲及東方果實蠅等，這些害蟲危害僅略為影響咖啡的產量，直至民國96年首度於台灣發現咖啡果小蠹的入侵，並且逐漸擴散至重要的咖啡生產區，造成咖啡生產嚴重的損失，使得咖啡農必須使用多種防治咖啡果小蠹的方法進行管理，才可確保品質與產量。因此本文將針對咖啡果小蠹的發生生態及綜合防治方法進行簡介，提供農民進行田間管理之參考。

二、危害方式與發生生態

咖啡果小蠹入侵約在開花後發育至8週大之後的咖啡果實，雌成蟲會於咖啡果實臍部上鑽一個小孔 (圖一A)，小孔外可見咖啡果小蠹的鑽食排遺(圖一B)，約2-4小時內即可進入咖啡豆中，隨後深入咖啡種仁開始取食、產卵繁殖。幼蟲孵化後取食咖啡種仁，於受害豆內可觀察到咖啡果小蠹取食後的排遺，受害處亦會出現真菌感染情況，造成生豆品質嚴重不佳 (圖二 A、B)。咖啡果小蠹整個世代全於咖啡果實內完成 (圖三)，直到咖啡豆資源消耗殆盡。咖啡果小蠹所產下的後代雌雄比例懸殊，雌蟲與雄蟲的比率約為10:1，雄蟲不具有飛行能力且體型比雌成蟲明顯較小，極少離開咖啡果實 (圖四)，但於實驗室內偶爾可於受害咖啡乾豆外發現，雌蟲則於果實內交配後離開受害果實，尋找下一顆果實進行危害。

作　　者：王泰權助理研究員
連絡電話：05-2753209

三、全球及台灣地區的分佈

咖啡果小蠹原發現於非洲地區，因可於含水量低的咖啡生豆內存活，隨著咖啡的貿易已經擴散至全世界的咖啡重要產區，台灣於民國96年首度正式紀錄發現本害蟲，目前除了東部的咖啡產區尚未發現咖啡果小蠹危害以外，西部地區重要咖啡產區如台南市東山區、嘉義縣竹崎鄉、中埔鄉、梅山鄉、阿里山鄉、雲林縣古坑鄉、南投縣埔里鎮、國姓鄉、魚池鄉、水里鄉等地皆已受到咖啡果小蠹的嚴重危害。

四、咖啡果小蠹於田間綜合防治策略

1. 懸掛誘殺器

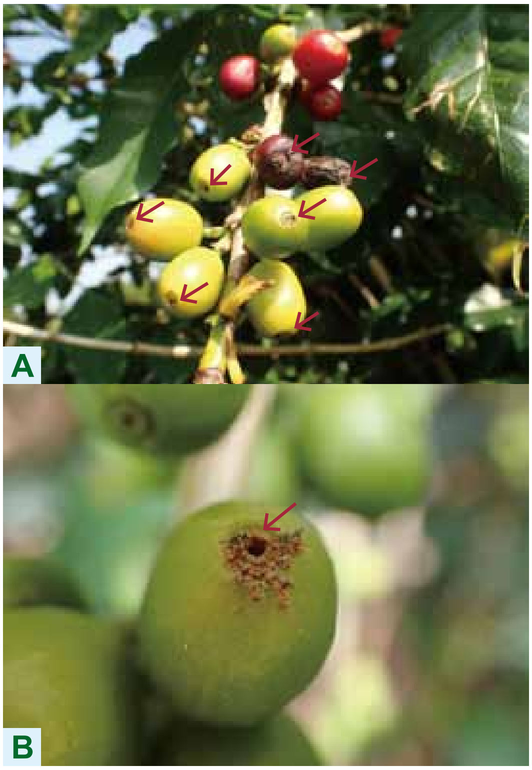
可利用甲醇加乙醇搭配咖啡果小蠹誘殺器來誘殺雌成蟲，雖然誘殺的效果並無法完全有效的移除田間族群，但誘殺器可用於偵測田間的咖啡果小蠹的發生狀況，降低田間部分族群，於國外的研究報指出甲醇加乙醇以3:1或1:1比例混合作為誘引劑皆可有效誘集到雌成蟲。

2. 耕作防治

咖啡果小蠹的田間耕作防治極為重要，田間的受害乾果及落果為咖啡果小蠹翌年再入侵咖啡果園的來源，因此清除田間掛於咖啡枝條上的乾果及落果尤為重要。拉丁美洲的咖啡果小蠹的田間綜合管理指出，田間咖啡樹的每單個支條上的咖啡成熟果及乾果不可高於6顆，如果超過10顆即為無效的耕作防治。此外採收後的防治亦為重要的措施，受害咖啡果不可以亂丟棄於田間，應以加熱方式來殺死躲藏於果實內的咖啡果小蠹再進行丟棄。

3. 微生物殺蟲劑

目前於國外已有許多施用白殭菌(*Beauveria bassiana*)於田間防治咖啡果小蠹之研究與應用，其感染對象為咖啡



圖一、受到咖啡果小蠹危害的咖啡果實，可以發現咖啡果實臍部具有一個咖啡果小蠹的危害孔(A，紅色箭頭處)，於危害孔外可以見到咖啡果小蠹鑽食的排遺(B，紅色箭頭處)。

圖二、完整的咖啡生豆(A)及受到咖啡果小蠹危害的咖啡生豆(B)，受到咖啡果小蠹危害的咖啡生豆會在咖啡豆內發現許多真菌及咖啡果小蠹取食完的不規則狀取食痕跡。

果小蠹之成蟲，於雌成蟲開始侵入新的咖啡果實且潮濕的季節施用白殭菌效果最佳。於台灣田間亦可發現許多受到白殭菌自然感染的個體 (圖五)。受到白殭菌感染的咖啡果小蠹成蟲會於咖啡果實臍部死亡，並且無法進入咖啡種仁取食危害，顯示白殭菌如於田間使用得當，具有良好的防治效果，未來應可分離篩選台灣本土具有致病力的白殭菌菌株，並研發合適之劑型於田間進行應用。

4. 昆蟲天敵

於國外已有運用許多種類的寄生蜂於田間防治咖啡果小蠹之研究，如蟻型蜂科 (Bethylidae) 的*Prorops nasuta*及*Cephalonomia stephanoderis*、釉小蜂科 (Eulophidae) 的*Phymastichus coffea*；此外於夏威夷更發現了細扁甲科 (Silvanidae) 的*Cathartus quadricollis*和姬扁甲科 (Laemophloeidae) 的*Leptophloeus sp*. 具有捕食咖啡果小蠹幼蟲的能力，但是目前台灣仍未記錄任何有關咖啡果小蠹的天敵，仍待後續進行本土天敵的研究。

5. 化學防治

目前台灣並無任何登記推薦於防治咖啡果小蠹的用藥。雖國外以往曾經推薦施用安殺番 (endosulfan) 或陶斯松 (chlorpyrifos) 進行防治，其中安殺番於台灣已經禁用，而根據國內咖啡果小蠹的室內藥劑試驗顯示陶斯松對於咖啡果小蠹具有不錯的觸殺效果，且本藥劑目前推薦用於咖啡介殼蟲之防治，因此台灣地區農民最常使用本藥劑進行防治，惟咖啡果小蠹躲藏於咖啡果實內，不易掌握田間的噴藥時機，因此國外建議當監測到田間咖啡果小蠹入侵率大於2%、且有超過50%的咖啡果小蠹入侵部位仍未達咖啡子葉內時，應於監測到此危害程度的3天內施用化學藥劑防治。

圖三、咖啡果小蠹的不同齡期，由左至右分別為卵、1齡幼蟲、2齡幼蟲、前蛹期及蛹。

圖四、咖啡果小蠹的雌雄個體大小懸殊，左為雄成蟲，右為雌成蟲。

圖五、於田間受到白殭菌感染的咖啡果小蠹，常可於果實臍部發現仍未鑽食進入咖啡果實內即死亡的個體。

五、結論

根據咖啡果小蠹的發生生態及入侵模式顯示，成功防治咖啡果小蠹之關鍵在於有效地運用綜合防治方法。雖然目前台灣尚未有任何咖啡果小蠹之推薦藥劑及可供用於生物防治之天敵，但是如果透過耕作防治及大量懸掛咖啡果小蠹誘殺器之方法來移除田間咖啡果小蠹的孳生源，應可獲得不錯的防治效果。

六、參考文獻

林明瑩、吳雅芳、陳昇寬。2010。咖啡果小蠹之監測及田間誘殺試驗。臺南區農業改良場研究彙報56: 35-44。

Aristizábal, L. F., O. Lara, and S. P. Arthurs. 2012. Implementing an integrated pest management program for coffee berry borer in a specialty coffee plantation in Colombia. J. Integr. Pest Manag. 3: G1–G5. doi: http://dx.doi.org/10.1603/IPM11006.

Aristizábal, L. F., A. E. Bustillo, and S. P. Arthurs. 2016. Integrated pest management of coffee berry borer: strategies from Latin America that could be useful for coffee farmers in Hawaii. Insects 7: 6. doi: 10.3390/insects7010006.

Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Bull. Entomol. Res. 90: 453-465.

Dufour, B. P., and B. Frérot. 2008. Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture. J. Appl. Entomol. 132: 591-600.

Gómez, J., B. Y. Chávez, A. Castillo, F. J. Valle, and F. E. Vega. 2015. The coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae): how many instars are there? Ann. Entomol. Soc. Am. 108: 311–315.

Jaramillo, J., C. Borgemeister, and P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. Bull. Entomol. Res. 96: 223-233.

Vega, F. E., F. Infante, A. Castillo, and J. Jaramillo. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. Terr. Arthropod Rev. 2: 129-147.

Sim, S. B., N. M. Yoneishi, E. Brill, S. M. Geib, and P. A. Follett. 2015. Molecular markers detect cryptic predation on coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae) by silvanid and laemophloeid flat bark beetles (Coleoptera: Silvanidae, Laemophloeidae) in coffee beans. J. Econ. Entomol. 109: 100-105.

http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx

根圈土壤微生物與作物生長交感研究之探討

農試所作物組 賴明信 李長沛 高岱君

一、前言

作物產量與品質的決定因子可以區分成地上部與地下部兩大因子。地上部因子包含作物品種、管理方法及生育氣候環境有關，地下部包含土壤種類、營養及土壤生物有關。藉由品種及栽培技術改進，產量與品質直接而有效的提高，例如具雜種優勢品種的利用，以及肥料及化學防治資材的施用。面對氣候變遷嚴重影響作物生育的環境，品種與栽種技術的研發，越來越不足因應的情況，誘發作物研發人員重新思考生產體系，發現利用自然環境尋求作物與環境平衡的生產體系，才是可長可久之道。

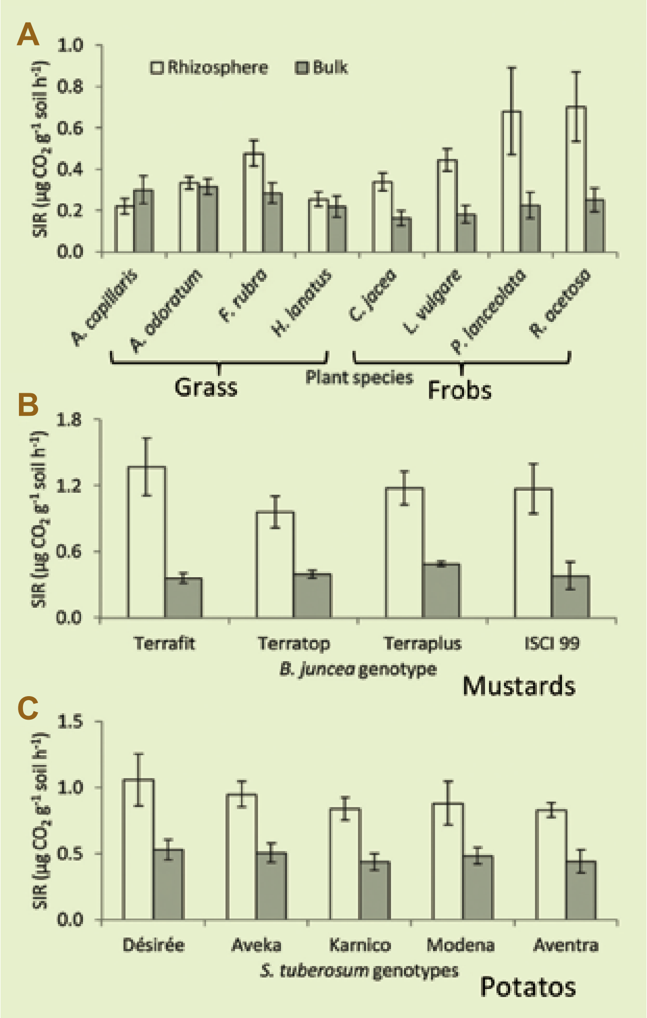
以107年度第一期作的水稻生產為例，農糧署表示，該年平均產量較往年提高約22%，大豐收。探討增產原因，作物專家認為是因為氣候穩定、日照充足，作物的光合能力獲得強化，作物的生產潛能，得以充分發揮；加上沒有梅雨及病害干擾生產所致。土壤及灌溉專家卻認為，因為氣候穩定乾燥，在適當的灌溉下，根圈附近中的土壤微生物發揮了作用，促進作物根部的吸收功能，致使根部對養分的利用力大量提升，導致增產。背景不同觀點差異，沒有值得訝異，只是，對水稻作物而言，地上部的環境因子是超乎我們能夠控制的，相形之下，地下部因子可能比較能夠掌握。因此回歸到最原始的土壤組成，了解土壤中的生物相，以及其與作物的交感，並善加利用，作物將更能適應不斷變遷的環境。其中微生物是所有生物相中族群最大、物種最豐富且生命週期最短的一群，許多的研究報告顯示，土壤微生物多樣性在作物生產中扮演了重要的角色，例如分解有機質、固氮、溶磷、溶鉀及微量元素的吸收(van der Heijden *et al*. 2008；Bardgett *et al*. 2016； Saleem *et al*.2018)，這些作用皆與作物的產量與品質等生產息息相關。

作　　者：賴明信研究員
連絡電話：04-23317103

二、前人研究方法

以往，許多的專家利用微生物肥料來提高或穩定作物的產量及品質。但，添加單一有益微生物在農田中的應用，一直無法獲得很理想的成果，主要原因

在環境因素及作物種類與土壤中微生物間的交感，會使添加的有益微生物無法充分發揮效果或是死亡。為了釐清土壤中微生物與作物、生育環境間的交感關係，美國植物病理學會(The American Phytopathological Society)於2015年提出Phytobiomes的研究方法，有別於以往大多研究單一變因、單一作用為主軸，Phytobiomes利用’omics technologies總體學的概念，研究植物(包含植物、植物的環境、相關微生物和大型生物)、生物(包含微生物、動物和其他植體)和農業生態環境(包含土壤、空氣和氣候)之間的交互作用。希望能找出低成本及高環境變遷承載的管理系統，並達到精準農業(Precision agriculture)的目標。



圖一、不同物種間之土壤微生物多樣性(A)； 不同基因型之土壤微生物多樣性(B、C)(引用自Brolsma et al. 2017)。

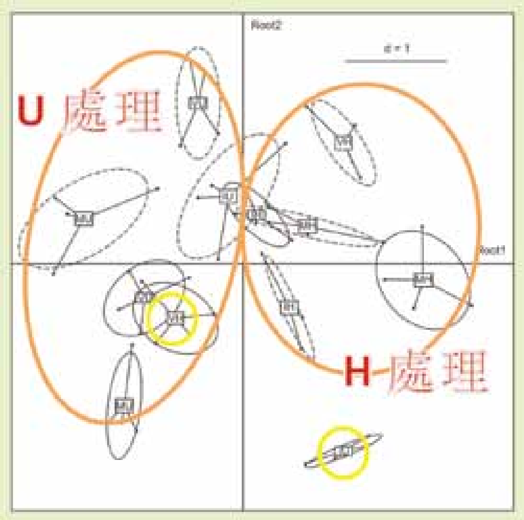
三、根圈(Rhizosphere)土壤微生物與作物生長交感之研究

根圈是作物與土壤微生物間相互作用頻繁的區域，根的分泌物(Exudates)扮演了重要的角色。不同種類的作物，所需要的營養成分都有所不同，其根部也會釋放出不同的分泌物，吸引所需的微生物。所以根的分泌物會影響微生物之組成，增加微生物的活動，並增加微生物對營養成分的吸收作用(Raaijmakers *et al*., 2009)。研究報告顯示作物的種類、品種或基因型都有可能影響根系分泌作用(Berg and Smalla, 2009)。 Brolsma *et al*(2017)觀察比較不同物種間之土壤微生物多樣性及不同基因型之土壤微生物多樣性，結果如圖一A。為比較不同物種間(Grass和Frobs)及不同品種間(Grass四種品種和Frobs四種品種)的土壤微生物多樣性，觀察發現，不同物種間之根圈與根圈外土壤之土壤微生物具有明顯的多樣性，而相同物種不同品種間之根圈及根圈外土壤的微生物多樣性方面，屬

於Grass物種的品種間無顯著差異存在，而Frobs的品種間存在顯著差異；B及C比較不同基因型的芥菜與馬鈴薯的土壤微生物多樣性，觀察發現，兩種作物(芥菜及馬鈴薯)的根圈與根圈外的土壤微生物都存在顯著多樣性，但相同品種的不同基因型間土壤微生物無顯著多樣性差異存在，但很多的研究論文都顯示，品種或基因型的根圈及根圈外的土壤微生物存在顯著多樣性差異(Aira *et al*. 2010；Shenton *et al*. 2016)。

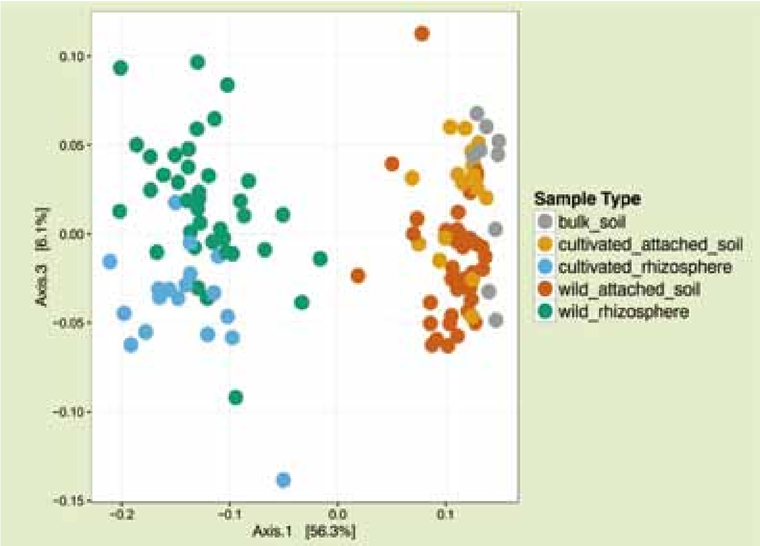
玉米為異花授粉的作物，具有雜種優勢，雜交F_1世代的生產表現，明顯優於親代表現，需要透過親代雜交來生產種子，維持良好的品質與產量。學者Aira *et al*(2010)設定四種不同變因，利用磷脂脂肪酸(PLFA, phospholipid fatty acid)分析，呈現根圈土壤微生物族群變異程度。磷脂大量存在於生物的細胞質中，在細胞死亡之後，會被快速分解，分析磷脂的碳鏈長度、取代基及雙鍵位置，可判別磷脂的種類，某些細胞中含有特殊磷脂，可作為族群分類的依據。圖二為玉米不同胚乳基因型(su1和sh2)、不同遺傳背景(1453x101t和P39xC23)、不同施肥量(高和低)和不同肥料種類(無機肥、動物糞肥和蚯蚓糞肥)等處理，磷脂脂肪酸變異程度之比較。由圖二發現，肥料種類(無機肥(I)、動物糞肥(M)和蚯蚓糞肥(V))、基因型(su1(U)、sh2(H))和施肥量(高(虛線)、低(實線))，在不同磷脂脂肪酸的變異程度(Root1 31%和Root2 29%)微生物族群有明顯的差異。在磷脂脂肪酸的變異程度29%下，除了高施肥量下的VH和IU處理不一致外，玉米的兩種基因型之土壤根圈微生物族群明顯分開成不同兩群，顯示玉米基因型對土壤根圈微生物族群確實有明顯影響。

野生稻在抗病蟲害及抗環境因子變遷的能力出色，許多水稻育種專家皆藉由將栽培稻與野生稻雜交，孕育出新品種，來增加栽培稻的抗病蟲害及應對環境因子變遷的能力；但，經過幾代回交之後，原本野生稻抗病蟲害及抗環境因子變遷的能力卻會遞減，甚至逐漸消失。Shenton *et al*(2016)為了瞭解野生稻抗病蟲害及抗環境因子變遷能力的消失，除了遺傳基因的流失外，是否與土壤中微生物多樣性的變化有關；以19種*Oryza*稻屬基因型(13種野生稻(wild rice)與6種栽培稻(cultivated rice))為材料，調查根圈(rhizosphere soil)、寬鬆附著(attached soil)和根圈外(bulk soil)的土壤微生物多樣性。利用聚合酶連鎖反應

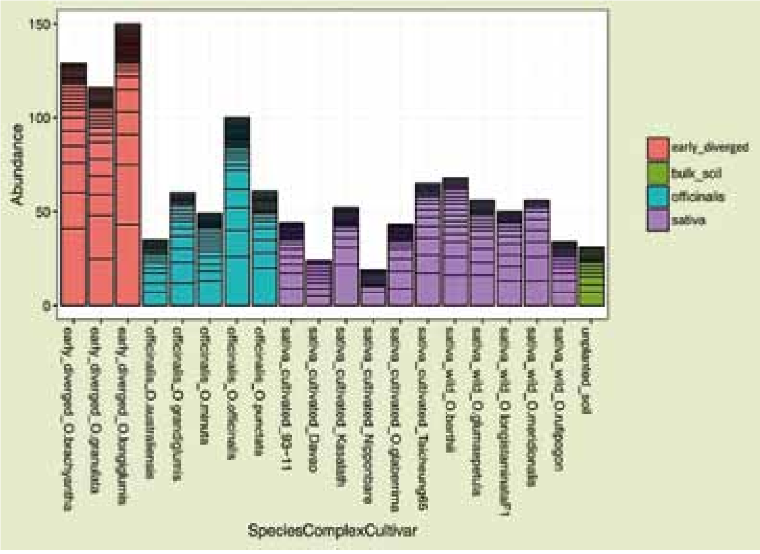


圖二、PLFA (phospholipid fatty acid)分析，不同處理及不同磷脂脂肪酸的變異程度下土壤根圈微生物族群的相似度矩陣(歧異度)(引用自Aira et al. 2010)。

(PCR，Polymerase Chain Reaction)放大微生物的DNA，以次世代定序(NGS，Next Generation Sequencing)進行16s rDNA的定序，對應操作分類單元(OTU，Operational Taxonomic Unit)資料庫，再以主座標分析(PCoA，principal coordinate analysis)呈現樣本間微生物多樣性的差異，結果如圖三所示。比較參試材料的根圈與根圈寬鬆附著土壤之微生物族群豐富程度，兩者明顯具有差異存在；比較野生稻與栽培稻的土壤微生物，雖然在根圈寬鬆附著土壤的微生物族群豐富程度，兩者則沒有明顯差異存在，但在根圈土壤微生物族群的豐富程度野生稻明顯大於栽培稻。



圖三、利用PCoA來顯示根系外土壤、寬鬆附著於根之土壤與根圈土壤、野生稻與栽培稻間之微生物族群差異(引用自Shenton *et al.* 2016)。



圖四、不同水稻的甲基單孢菌屬豐富度(引用自Shenton *et al.* 2016)。

氣候變遷是現今最重要的研究議題之一，暖化效應與影響更是重中之重，如何降低溫室氣體產生，減低溫室效應影響，一直是努力追求的目標。甲烷是主要的溫室氣體之一，且其吸熱存效率是二氧化碳的20倍以上。水稻的生長期需灌水，使土壤長期處在無氧的狀態下生成許多甲烷，甲烷氧化菌(Methanotrophs)可在根圈土壤中，將甲烷氧化成二氧化碳，降低甲烷的排放，減緩溫室效應。Shenton et al(2016)比較不同種水稻的根圈土壤微生物族群豐富度，結果如圖四所示；圖之橫軸為不同種水稻，縱軸為根圈土壤之甲基單孢

菌屬(Methylomonas)的豐富度，甲基單孢菌為甲烷氧化菌的一屬，由圖四發現早分化(early-diverged)的*O. brachyantha*, *O. longiglumis*和 *O. granulata*之甲基單孢菌豐富度明顯比其他種水稻高，顯示早分化的水稻物種之根圈中，甲烷氧化菌明顯較高。此發現提供降低水稻栽培過程中溫室氣體釋放問題的方向。

四、結語

根圈微生物在作物根吸收養分過程中，扮演了重要的角色。近年來在許多學者的研究中，作物的基因對根系分泌作用有影響，若能了解作物品種與土壤微生物族群間的關係，可以更有效率的方法來促進作物吸收養分之能力，進而達到增加產量及提升品質的效果；同時得知作物對抗病蟲害及環境變遷因子的機制，解決現有病蟲害的問題，並預防環境變遷所帶來的衝擊。

五、參考文獻

Aira, M., Gomez-Brandon, M., Lazcano, C., Baath, C., and Dominguez, J. (2010) Plant genotype strong modifies the structure and growth of maize rhizosphere microbial communities. Soil Biology & Biochemistry. 42:2276-2281.

Bardgett, R. D., Mommer, L., and De Vries, F. T. (2016) Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. Trends Ecol. 29:692-699.

Berg, G., and Smalla, K. (2009) Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. FEMS Microbiol Ecol. 68:1–13.

Brolsma, K. M., Vonk, J. A., Mommer, L., van Ruijven, J., Hoffland, E., and de Goede, R. G.M. (2017) Microbial catabolic diversity in and beyond the rhizosphere of plant species and plant genotypes. Pedobiologia. 61:43–49.

Raaijmakers, J. M., Paulitz, T. C., Steinberg, C., Alabouvette, C., and Moënne-Loccoz, Y. (2009) The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. Plant Soil. 321:341–361.

Saleem, M., Law, A. D., Sahib, M. R., Pervaiz, Z. H., and Zhang, Q.(2018) Impact of root system architecture on rhizosphere and root microbiome. Rhizosphere. 6:47–51.

Shenton, M., Iwamoto, C., Kurata, N., and Ikeo, K. (2016) Effect of wild and cultivated rice genotypes on rhizosphere bacterial community composition. Rice. 9:42.

van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., and van Straalen, N. M. (2008) The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystem. Ecology Letters. 11: 296–310

Young, C. A., and Kinkel, L. K.(2018) A year of phytobiomes. Phytobiomes. 2:53-54.

探討結合誘變、小孢子培養與試管內篩選輔助育種平台之建立

農試所生技組 夏奇鋸 陳威臣　作物組 林子凱
鳳山分所 許秀惠 林楨祐

一、前言

在農業產業鏈中「品種」是製造及解決系統問題的同一源頭，但許多作物之新品種推出緩慢，原因與品種育成時間無法有效加速有關，這點也是傳統育種方法難以克服的瓶頸。成功的育種取決於育種材料的遺傳多樣性及有效的篩選方法，傳統育種透過雜交產生新的遺傳組合，達到創造變異的目的，但許多作物在人類長期選種下，遺傳多樣性早已大量流失，加上植物原生地的快速消失，多樣性種原的取得也愈發困難，如何在遺傳多樣性受限下持續創造新的變異，同時找出成本低、效率高的篩選方法，是育種人員必須努力的方向。以下介紹幾種常用於創造變異、加速育種流程及提高育種效率的輔助育種方法。

作　　者：夏奇鋸研究員
連絡電話：04-23317327

二、誘變育種簡介

利用物理或化學方法誘發染色體或DNA遺傳物質產生改變，稱之為人工誘變，其發生比例較自然產生的突變率高出許多，育種者利用人工誘變產生突變體，進而利用這些突變種原進行遺傳基因重組、擴大遺傳變異、創造新種質 (Predieri 2001)。誘變育種一般以性狀良好但仍具有少數缺點的現有品種作為人工誘變的材料，誘變後篩選所得之突變體大約70%可直接釋出成為新品種，其他30%則可作為育種材料之用。根據聯合國糧農組織和國際原子能機構之Mutant variety Database資料庫的統計，目前已有超過3275個突變栽培種登記，足證利用人工誘變技術是可行的育種工具 (FAO/IAEA mutant variety database 2018)。人工誘變率雖較自然突變率為高，但若想集眾多優良性狀於一身，亦即同時選拔多個基因於一個體，仍需準備數量相當大的選拔族群方有勝算，且隱性基因的選拔必須經由M_1自交後於分離的M_2世代中選拔，而基因的同質性確認，則需延至M_3或M_4才能完成，而一些受數量遺

傳控制的性狀則需歷經更多世代後才能開始選拔，以上這些困難是人工誘變同樣需要面對的問題。筆者以0.5%EMS誘變劑處理花椰菜F_1種子，播種後以苗齡4-6週之小苗進行黑腐病菌接種，圖一為接種3週後小苗的生長情形，可以看到大部分的誘變小苗與供試親呈現不同程度之病徵 (圖一A)，但亦有少數小苗未出現明顯病徵 (圖一B)，將進一步確認其抗病之利用性。

三、配子體培養技術簡介

由配子體分化而來的植株，其染色體數是孢子體的一半，也就是所謂的單倍體，單倍染色體經過自然或人為倍加後遂成為雙單倍體 (doubled haploid, DH)，DH的等位基因具有同質性，是進行遺傳研究及育種工作的最佳材料。DH可經由生體內 (*In vitro*) 或生體外 (*In vitro*) 方法誘導而得。*In vitro*獲得DH的途徑包括經由孤雌生殖、假性受精、遠源雜交等方式，但其產生有侷限性且發生率偏低；*In vitro* 獲得DH的方法，主要藉由培養配子體來達成，這種再生的途徑稱之為gametophytic pathway 或gametic embryogenesis，一般可藉由花藥培養、小孢子 (未成熟之花粉) 培養、子房培養或胚珠培養而得。

異交作物之商業品種以一代雜交品種 (F_1) 最為普遍，F_1具有雜種優勢強、整齊度高且自行留種後植株優良性狀難以保持等特性，成為經濟規模栽培與種苗商業化生產共同的最佳選擇。在生產F_1的過程中，首先必須純化親本之遺傳背景，也就是所謂的自交系培育。自交系一般需經6-8世代自交方能育成，若作物本身具有自交不親和性或自交弱勢等障礙，則培育自交系所需的人力與時間成本就更加提高。小孢子或花藥培養可於當代獲得DH，篩選所得之DH可直接成為自交作物的純系品種，或是作為異交作物生產F_1所需之親本，因此經由 *In vitro* 配子體培養獲得DH植株不僅可縮短育種年限，且因DH具有整齊度及穩定度高的特性，育種流程中的選拔效率得以提高 (Forster and Thomas 2005)。

圖一、花椰菜種子經0.5% EMS處理後以苗齡4-6週之小苗接種黑腐病菌，(A) 3週後之生長情形，(B)無明顯病徵之小苗。

四、試管內篩選簡介

Larkin and Scowcroft (1981) 首先提出體細胞變異 (somaclonal variation) 的現象，指的是在組織培養過中所產生的各種外觀及遺傳的改變。這個發現源起於無性繁殖作物在經由組織培養大量繁殖的過程中，理論上應該得到完全一致的分生苗 (clone) ，事實上在相同或不同的培養條件下，卻有機會觀察到一些與原植株相異的特性，持續將這些變異加以分離培養後，可以得到具有新特性的變異株。這些因為試管內培養而產生的新特性，在出瓶種植後有些可以繼續保持，有些則在持續種植後恢復正常，後者是所謂的表觀遺傳 (epigenetic) 較不具利用價值。組織培養系統中的體細胞變異從何而來並無定論，一般認為組織培養本身可能扮演著誘變系統的功能，因為培植體從繼代時所受的切割傷、培養基中的營養成分、生長調節劑、糖濃度、滲透壓、容器內的空氣組成以及濕度等各種因子，皆可能對培植體造成不同程度之逆境，這些逆境因子影響了正在進行分裂、分化及再生的細胞，導致大如細胞染色體組數目改變，小至於細胞基因分子層次改變，如轉位子 (transposable element) 活化、DNA序列變化以及DNA甲基化等，最終造成植物體在外觀上或生理上的改變而為人們所覺察。利用試管內篩選於輔助育種之先決條件，以及抗、耐病篩選劑之類型及其應用可參考夏等 (2014) 發表，在此不再贅述。

五、結合誘變、小孢子培養與試管內篩選之輔助育種平台

人工誘變是創造遺傳變異的一個有效手段，其在育種上的成效有目共睹 (Predieri 2001) ，但無論是物理或化學誘變，一個配合良好的生物系統是成功的先決條件，例如體積小且生長勢強的種子就是相當優良的誘變材料；但對於以無性繁殖為主的園藝作物而言，組織培養系統中之生長點、芽體、根段、小孢子、癒合組織或是懸浮細胞則是取代種子作為誘變材料的選項；在配合誘變處理方面，組織培養環境的可控性亦較田間處理為優，不僅可節省大量的空間且可精確調控施用的條件，誘變效率相對提高，其中利用小孢子培養系統進行誘變具有的獨特優點如下，一為當基因發生突變時， DH可立即將其固定並遺傳至後裔，等於提早得到M_2世代，隱性基因突變得以在當代選拔，加速了突變體的篩選；二為一般誘變獲得之M_1其單一基因外表型顯隱性之分離比為3:1，而小孢子培養之M_1其性狀分離比則為1:1，後者M_2所需族群數量可大幅降低，在相同族群大小的試驗中，選獲突變體的效率可大幅提高。除上述優勢外，利用小孢子作為誘變材料還具備有數量龐大及產生嵌合體機率較小之優點。筆者以花椰菜DH株系之小孢子進行UV誘變，可以看到UV的短暫處理對小孢子胚分化產生不良影響 (圖二)，由小孢子胚發育而來之突變體其遺傳種質與供體親之間可視為近

同源系 (isogenic line)，是進行表型體、基因體及分子標誌研究的優良材料。

小孢子培養除作為獲得DH植株應用外，同時也是配合試管內篩選之絕佳材料，小孢子誘導胚分化的過程從單細胞開始，數量龐大的小孢子加上胚分化的高度同步特性，讓小孢子培養系統成為進行誘變結合篩選的最佳模式系統。此外，試管內篩選可以讓田間篩選提前至胚或小苗階段，除節省時間與篩選成本外，並可降低田間試驗因環境變異所造成外表型觀測值的偏差。誘變系統配合試管內篩選系統同時運作，突變體的篩選效率將可大幅提高。上述模式最為人所熟知的例子為油菜種子之脂肪酸成分及比例的改進，過程中首先以油菜種子進行誘變，再以小孢子培養得到3000個胚，分別切取每一個胚之部分子葉進行油酸成分分析（子葉之含油成分及其比例與種子相同），再根據篩選結果將獲選之胚系培養長大，經由此法將linolenic acid 從原來之10%降至3%，而oleic acid從60%提高至85%，與傳統育種必須等待種子採收後再進行油酸成分分析的選拔模式相比，在時間效率上達到倍數提升 (Kott 1996)。此外，抗殺草劑油菜選拔也是結合誘變與小孢子培養的成功複合模式，油菜小孢子於分離後48 小時內以gamma ray或化學誘變劑如NaN_3、EMS處理，將由小孢子分化而來之胚於子葉期胚階段培養於含有殺草劑成分chlorsulfuron或gyphosate的培養基中，由於殺草劑成分會抑制植物光合作用的進行，因此在光照培養下呈現綠色之胚體，即為具有抗殺草劑特性之突變體。推測其機制為誘變讓基因產生點突變，導致植物體對於殺草劑成分的吸收、代謝或轉運產生不同的反應，因而改變其對殺草劑的耐受能力，再經由含有殺草劑之培養基將突變體篩出 (Polsoni *et al*. 1988; Swanson *et al*. 1988)。另一個結合小孢子培養、誘變及試管內篩選技術的例子為大白菜抗細菌軟腐病 (*Erwinia carotovora*) 的篩選，大白菜之小孢子以UV進行誘變處理，將所獲得之6657個胚培養於含有不同濃度細菌軟腐病濾液 (culture filtrate) 的培養基中進行篩選，共獲得250個存活胚，這些株系在出瓶後進

圖二、花椰菜DH系之小孢子以UV誘變處理不同時間後其小孢子胚分化之情形。(A) 對照組：UV- 0秒處理，(B) UV- 10秒處理；(C) UV- 20秒處理。

行軟腐病接種，再次測試其抗病性，結果其中3 個株系之抗病性呈現顯著增加 (Zhang and Takahata 1999)。

六、展望

台灣花椰菜種苗產業因擁有耐熱之早、中生品種，在熱帶、亞熱帶地區具有競爭力，但這些品種在遇短暫低溫時易有抽苔現象及不抗黑腐病之缺點。農試所生技組的組織培養研究室近年來建立有十字花科甘藍類蔬菜小孢子培養技術，且研究室過去在懸浮細胞培養、試管內多倍體誘導及試管內二次代謝物的誘導與篩選方面，亦累積有相當之經驗，具備有整合小孢子培養、誘變及試管內篩選技術的執行能力，同時結合生技、育種及植病研究團隊，針對花椰菜的產業缺口進行研究，希望藉由此一輔助育種平台的建立 (圖一及二)，能夠提升十字花科作物的育種能量，達到創造新種質、縮短育種時間及提高育種效率之目的。

七、參考文獻

夏奇鋌、陳威臣、曹進義。2014。利用試管內培養（in vitro）輔助育種–抗耐病篩選之探討。農業試驗所技術服務季刊 100:17-21。

FAO/IAEA mutant variety database 2018。https://mvd.iaea.org

Forster, B. P. and W. T. B. Thomas. 2005. Doubled haploids in genetics and plant breeding. Plant Breed Rev. 25: 57-88.

Kott, L. 1996. Production of mutants using the rapeseed doubled haploid system. In: Induced Mutations and Molecular Techniques for Crop Improvement. IAEA/FAO Proceedings of an International Symposium on the use of induced mutations and molecular techniques for crop improvement. Vienne, Austria. pp. 505-515.

Larkin, P. J. and W. R. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation- a novel source of variability from cell culture for plant improvement. Theor. Appl. Genet. 60: 197-214.

Polsoni, L., L. S. Kott, and W. D. Beversdorf. 1988. Large-scale microspore culture technique for mutation-selection studies in *Brassica napus*. Can. J. Bot. 66: 1681-1685.

Predieri, S. 2001. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 64: 185-210.

Swanson, E. B., M. P. Coumans, G. L. Brown, J. D. Patel, and W. D. Beversdorf. 1988. The characterization of herbicide tolerant plants in Brassica napus L. after in vitro selection of microspores and protoplasts. Plant Cell Rep. 7: 83-87.

Zhang, F. and Y. Takahata. 1999. Microspore mutagenesis and *in vitro* selection for resistance to soft rot disease in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. pekinensis). Breed Sci. 49: 161-166.

農試所 自動化作物表型體設施簡介

農試所生技組 林思妤 林大鈞 楊佐琦

一、前言

表型體學（Phenomics）泛指相關外表形態的系統性研究。自古以來，人類就不斷觀察記錄植物的各種形態，作為生理研究或是作物育種選拔的重要依據，時至今日，「植物外表形態」已演變成一門科學，例如不同品種生物量（biomass）或產量的比較、同種作物於不同地區生長表現情形等，這些「植物長得怎麼樣」、「外表特性數據化的記錄分析」都涵蓋在植物表型體學的範疇。傳統的植物外表形態調查，多以肉眼觀察或以各種量測工具進行，需耗費大量的人力、時間，且調查結果較為主觀。因此，為節省人力、時間並提升調查的客觀性，農試所致力打造高通量的自動化表型體設施（圖一），結合植物學、育種、作物生理、影像辨識及環控溫室等專家，利用各式偵測器，高通量擷取各種植物影像，取得待測植株的外觀、生理參數加以分析，達到節省人力、客觀且精準地篩選種原或是選拔育種之目的。

作　　者：林思妤助理研究員
連絡電話：04-23317355

二、自動化作物表型體設施簡介

目前許多國家已致力於自動化表型體設施之開發與建置，這類設施依據掃描器及植物移動方式，可分為兩大類：一為龍門（Gantry）系統，也就是掃描器移動、植物不動的方式，此類系統利用龍門調整掃描器之高度及位置（x、y、z軸），掃描下方植株外表形態，較適用於大規模溫室、田間研究（圖二A）；另一則為輸送帶（Conveyor）系統，意即掃描器固定、植物移動的方式，將植物經由輸送帶送入裝有掃描器的箱體中進行掃描，此類系統優點為植物影像擷取的環境因子已最適化，可大幅降低拍攝環境不同所造成的誤差，但造價則相對高昂，較適用於小規模生長箱、溫室之研究（圖二B）。

自動化植物表型體設施中龍門所搭載之感測器（Sensors）亦相當重要，這些感測器皆屬非破壞性之感測，可依照實

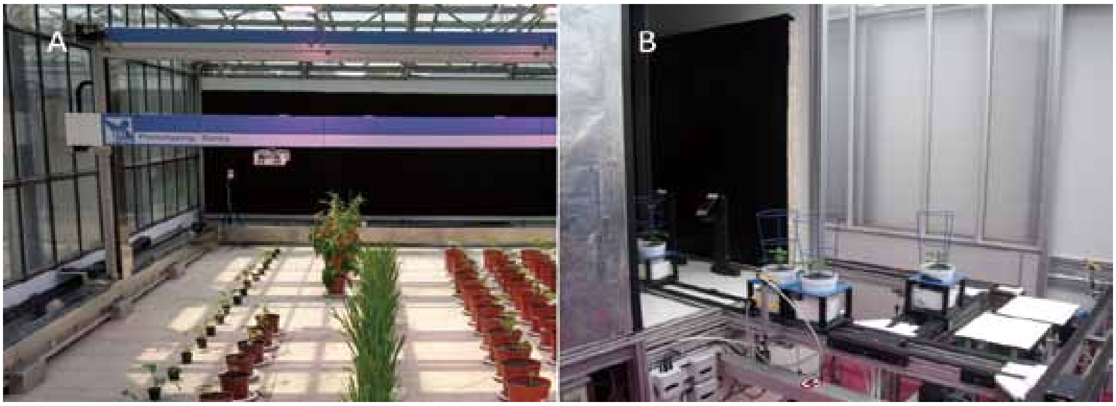
圖一、農試所溫室級高通量自動化作物表型體系統。

驗需求加以選擇。譬如，紅綠藍三原色光（RGB）感測器多用於產量相關的影像外觀性狀；多光譜感測器則能夠更詳細分析植物的生化特性，如重要色素的組成（如葉綠素、類胡蘿蔔素或異黃酮等）及葉片中的水分含量；高光譜感測器因包含完整的可見光及近紅外線區的連續光譜影像，可被用來進行較為複雜的色素形態、水分、病害檢測、產量及品質的研究；熱影像感測器可偵測冠層溫度及氣孔導度相關之葉面溫度，通常用於植物逆境研究。目前市面上已有許多感測器可用於影像及各式參數收集，但資料取得後，如何進行後續3D建模、影像分割、特徵擷取及機器學習等影像分析工作，亦須跨領域團隊的共同合作面對挑戰。

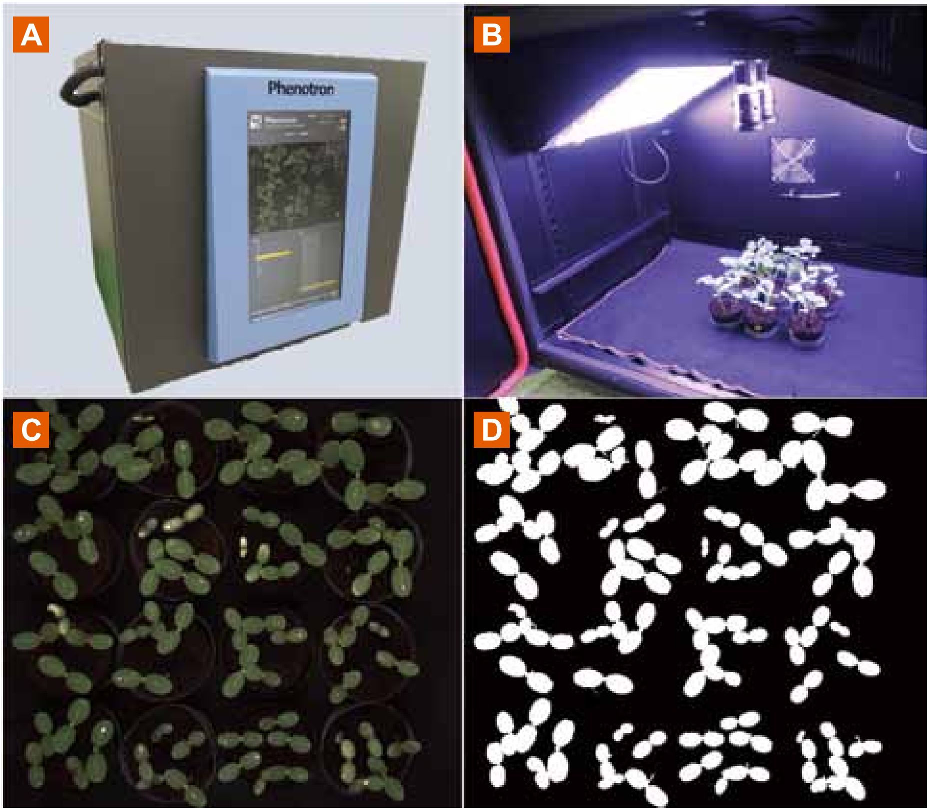
三、農試所之自動化作物表型體設施簡介

本所自民國106年開始進行自動化高通量植物表型體設施之建置，其中包含生長箱層級的自動化表型分析系統，可量測株高小於20公分植物之投影葉面積及株高（圖三）。同時，為提升參試作物的數量及大小，本所引入荷蘭Phenospex公司的PlantEye分析系統（圖四A）。此系統屬上述「龍門移動、植物不動」的設計方式，配備有4種波長（紅、綠、藍及近紅外光）雷射光感測器進行掃描偵測，並可自動演算葉面積、葉面曲度、株高、投影葉面積、葉面積指數、光投影深度、數位體積、標準化植被指數（Normalized Difference Vegetation Index；NDVI）、綠度及色相（Hue）等10個參數，最後透過配套軟體HortControl，可呈現各參數變化及分群統計（圖四B）。

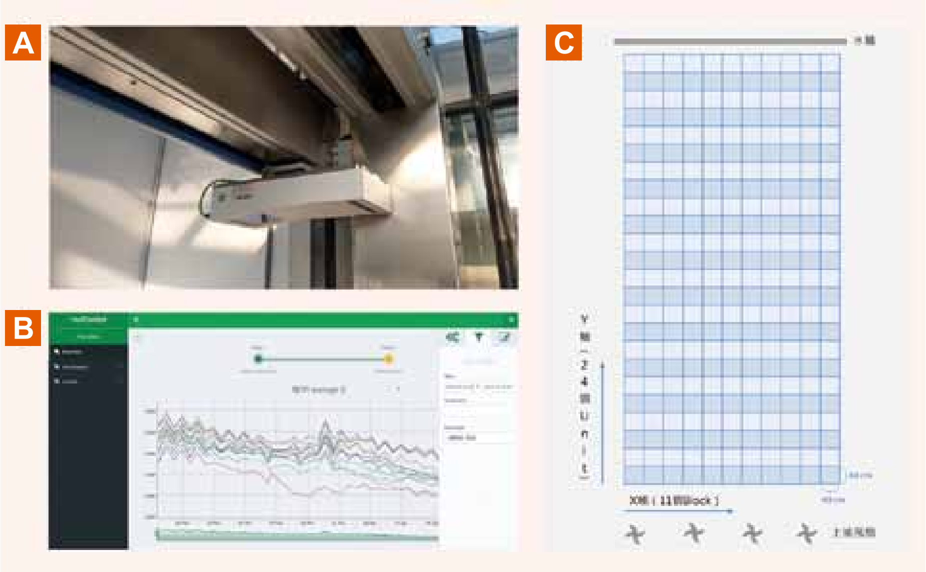
PlantEye系統設置於風扇水牆之溫控玻璃溫室，整間溫室區分為11個區集（Block），每區集有24個單位（Unit），每單位為40×40公分的正方形（圖四C），若植物生長超出此範圍即無法量測，整間溫室可容納264株中型植物（株高小於100公分，直徑小於40公分），實際應用時，亦可彈性地掃描非預設大小的作物，掃描單位最大可增加至60×80公分，最小可縮減至20×20公分。



圖二、自動化作物表型體設施之兩種系統。（A）龍門系統（農試所表型體溫室）；（B）輸送帶系統（澳洲阿德雷德植物加速中心智慧溫室）。



圖三、生長箱層級之自動化表型量測系統（A）儀器外觀，可利用面板監控生長箱內部狀況 （B）儀器內部裝置（C）甜瓜子葉RGB影像（D）自動計算葉面積及株高。



圖四、農試所PlantEye系統配置。（A）PlantEye掃描器掛載於自動化龍門系統；（B）HortControl操作介面，可顯示各參數趨勢圖；（C）自動化作物表型體設施待測植物位置配置示意圖。

四、自動化表型分析系統應用於罹病植株之偵測-以水稻白葉枯病為例

NDVI是利用紅光及紅外光反射計算而得的參數，數值介於-1到1之間，可表現植株生長之健康程度，數值越大表示植株建康狀態越佳。為探討PlantEye掃描得到之NDVI值，是否可真實反應植株建康狀況，爰此，本研究以不同品種水稻“IRBB66”（抗病品系）及“IR24”（感病品系）接種白葉枯病菌（Xanthomonas oryzae var. oryzae XF89b, Xoo XF89b）後，針對所有植株進行接種前後之NDVI分析 (表一)。比較 “IR24” 接種後的NDVI與接種前的指數，結果顯示接種後NDVI指數有顯著下降的情形，而抗病品種 “IRBB66”接種前後的NDVI指數則無顯著差異。同時， 3D影像圖（圖五）呈現感性水稻品系葉尖會因接種感染Xoo XF89b而呈現枯萎的現象，這些結果與傳統實際病斑量測結果的趨勢相同。因此，未來可應用自動化作物表型體設施輔助追蹤病株的生長健康情形，以及應用於水稻種原對白葉枯病抗病性的篩選。

五、自動化表型量測系統與手動量測之相關性-以大豆為例

為比較PlantEye分析平台與傳統性狀調查結果間的差異，本研究以種於盆徑30公分之苗期大豆為材料，比較兩種量測方法得到之葉面積及株高結果間的一致性。葉面積量測是以Image J計算俯視角度拍攝之植株照片，而株高則是以尺自土面量到植株最高點（圖六）。試驗結果顯示，在葉面積分析結果部分，於大豆發芽4週內，兩種方法所測得之葉面積結果相近，但4週後的PlantEye數據則遠低於傳統量測方式。推測其原因可能是此時期的大豆莖葉快速橫向生長，超出PlantEye單位偵測範圍（40×40公分），因此量測不到。此外，因為葉片太過茂盛會導致遮蔽效應而嚴重影響葉面積量測的結果。在株高調查方面，於發芽2週內，兩種方法的數據呈現較為一致。2週後，則發現傳統量測所得結果較不穩定（高低起伏）而PlantEye量測結果較穩定，其原因可能是因為PlantEye分析平台在計算株高上，系統會去除最高及最低5%的點，以避免離群值。但不管是在葉面積或是株高量測結果的比較，兩種方法所得結果的相關係數均大於0.8。綜合來看，PlantEye分析平台在葉面積與株高的量測，均與傳統量測方法有極

表一、水稻抗、感品種接種白葉枯病菌前後之NDVI指數變化

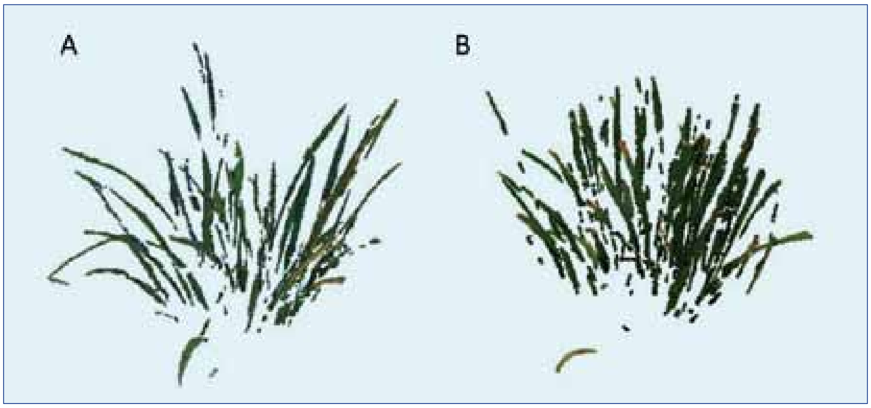
處理	品種	接種前	接種後12天	p-value
接種	IR24(感病)	0.45 ± 0.01	0.38 ± 0.03	0.02
	IRBB66(抗病)	0.40 ± 0.02	0.37 ± 0.05	0.30
＊仿接種	IR24(感病)	0.43 ± 0.01	0.41 ± 0.05	0.32
	IRBB66(抗病)	0.43 ± 0.02	0.42 ± 0.02	0.50

＊仿接種(mock inoculation):剪葉但未接種病菌。

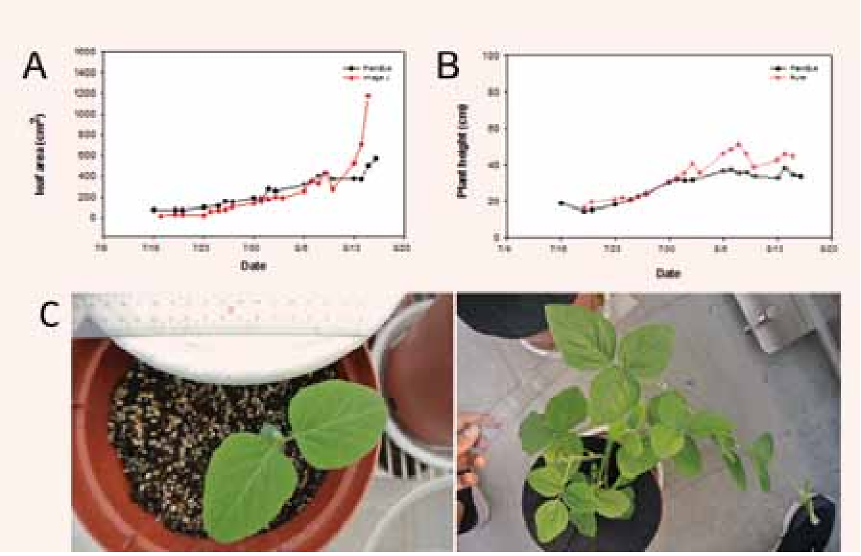
高的關聯性，顯示其應可準確量測大豆苗期的葉面積及株高。

六、結語

近年來國際間許多植物研究單位正如火如荼地投入自動化表型體設施之建置，然而這些設施的造價不斐，為避免浪費研究資源亦達事半功倍的效果，建議在設施建置前，設定明確目標作物、生長階段及目標性狀等，再依照試驗需求選擇適當的承載系統（龍門或輸送代系統）及感測器（包含種類、數量、成相距離、解析度等），方能獲得預期的數據。此外，影像擷取後的分析工作亦相當重要。以本所建造的PlantEye分析平台來看，自動演算所得的結果皆屬基本的植物生物量（biomass）參數，若有其它更精細之試驗目地，如病斑、葉片數、果莢長度等量測，則須要加入其它影像分析方能進行估算。由此可見，一個自動化植物表型體設施須要各學科人才投入，才能共同完成，除了植物學、生理學、育種學專家，亦須要有機械工程、程式設計、影像分析等專家，匯集各領域的專業技術，最終才得以在植物外表形態調查上達到試驗規劃的預期目的。



圖五、水稻 "IR24" 接種白葉枯病菌（*Xoo* XF89b）前（A）、後（B）之3D影像圖。



圖六、傳統外表型調查與自動化表型體分析平台量測之葉面積（A）；及株高（B）之比較，紅線為傳統外表型調查，黑線為自動化表型體分析。（C）量測初期及後期之大豆生長情形。

利用RStudio及roxygen2套件建立屬於自己的R套件

農試所作物組 楊滿霞

一、前言

R是一個結合統計分析與繪圖功能的免費自由軟體，主要用於統計分析及圖表繪製，最早由 Ross Ihaka 與 Robert Gentleman(1966) 所開發，因此稱為R。目前開發的核心團隊是由一群熱心專業的統計資訊學者所組成，其網址為：http://www.r-project.org ，該網站中可見到R有多種不同作業系統版本，例如Unix、Windows及MacOS，及有關R的操作手冊與常見問題等學習資源。R本身也是一種程式語言，如發展新的分析方法，可自行撰寫程式來做資料分析，亦有研究員將最新發表的統計方法寫成R套件（Packages，R使用者撰寫的功能）搭配發表期刊方式公開分享，R的功能可以透過安裝套件增強，本文將以Windows為例，說明如何利用RStudio及roxygen2套件，建立自己的R套件並上傳到R CRAN分享。

作　　者：楊滿霞助理研究員
連絡電話：04-23317128

二、安裝必要軟體

安裝軟體R及Rtools可在網站https://www.r-project.org/ 下載R及Rtools，進入網頁點選download R後，選擇CRAN Mirrors的國家名稱（即您的所在位置），台灣有3個選擇網址，擇一點選後，可依據本機端的作業系統下載R（base）及Rtools，將軟體下載儲存至電腦中即可接續軟體安裝作業。安裝軟體RStudio可到https://www.rstudio.com/下載RStudio，進入網頁選擇RStudio Desktop Open Source License，再依據本機端的作業系統下載RStudio。完成以上軟體下載及安裝後，開啟RStudio安裝roxygen2套件後即可開始建立新套件，首先點選RStudio左上方工作列File，接著依序出現的畫面點選New Project, New Directory及 New Project，接著在Project name欄位中填上欲建立之套件名稱，本文此例為MyProject，再點選Create Project，則完成建立新套件(如圖一)。

三、roxygen2套件功能

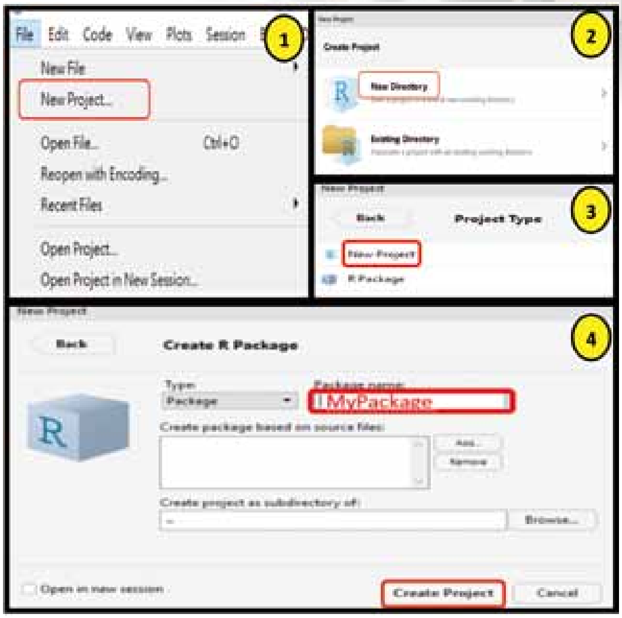
完成建立新套件後，可使用roxygen2套件功能來編輯自己的R 套件內容，完成下列6步驟即可完成屬於自己的套件編輯作業：

(1) 點選右上方工作表Tools的Project Options選項後，點選左列表Build Tools選項再勾選enerate documentation with Roxygen，接著出現的對話框點選OK，完成roxygen2套件之設定（如圖二）。

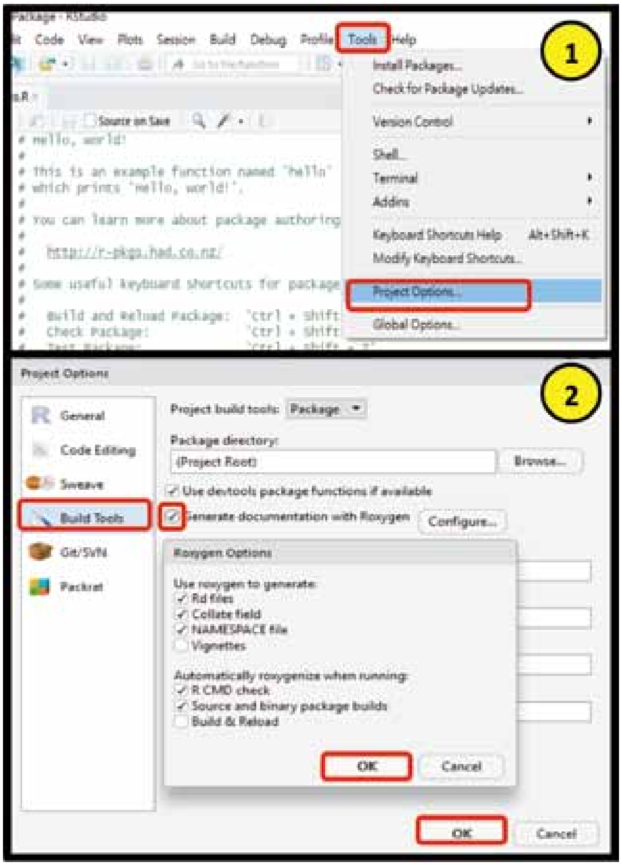
(2) 點開右下角視窗DESCRIPTION檔案，填寫欲建立套件的基本資訊，包含套件名稱、版本、作者、維護者（含電郵），套件基本描述，可使用的R版本（一般為3以上）等，DESCRIPTION檔案內黑字為說明文字，閱讀後刪除再填入相對應資訊後存檔。

(3) 編輯R程式檔案：打開右下角視窗R資料夾，內有預設程式hello.R，本文使用此預設程式做說明，首先刪除R程式以上的資訊（即以#開頭的部分），再加入對此程式的說明，例如標題名稱、描述、參數、例子等，最後加上#'@export後儲存（如圖三），此檔案為R程式給使用者閱讀之說明檔的內容，請謹慎填寫，詳細編輯方式可參考https://cran.r-project.org/web/packages/roxygen2/vignettes/rd.html內容。

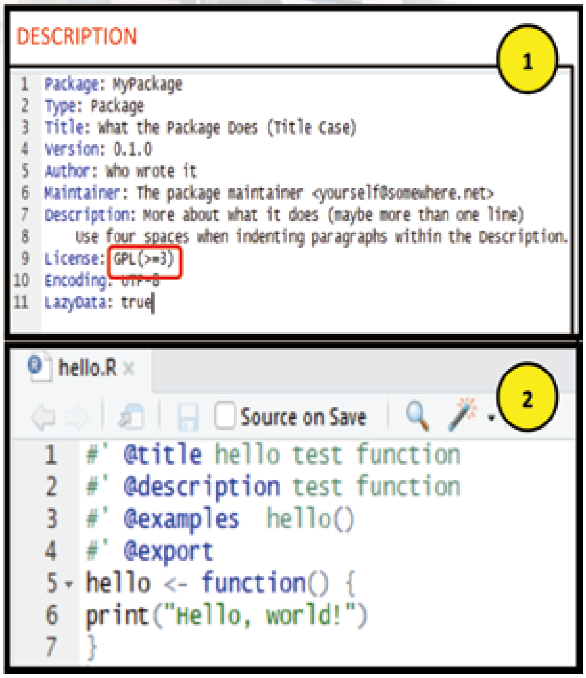
(4) 刪除man資料夾與NAMESPACE檔案，此兩檔案內容不需自己手動編輯，點選右上角Build之Document選項可由roxygen2自動產生，開啟自動產生的man資



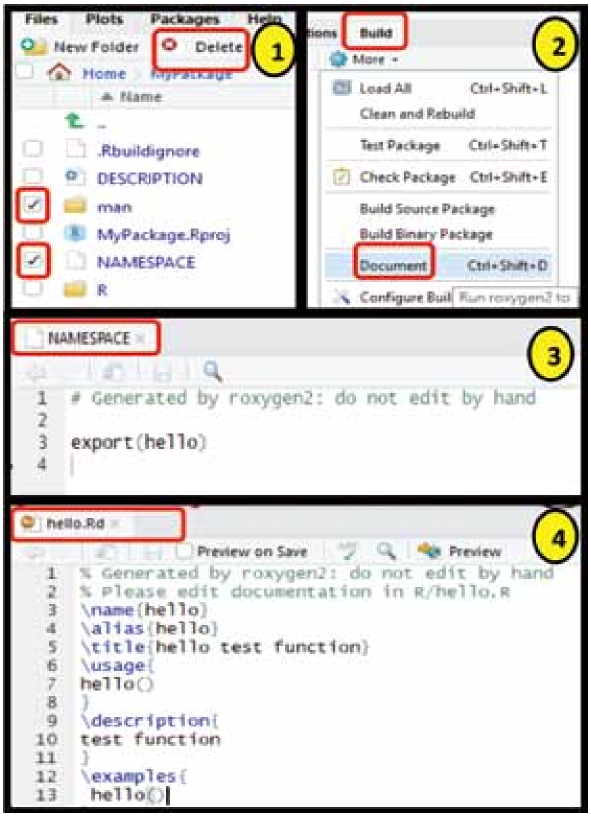
圖一、利用RStudio建立自己的套件。



圖二、roxygen2套件之設定步驟。



圖三、編輯DESCRIPTION及R程式檔案。



圖四、利用roxygen2套件產生man資料夾與NAMESPACE檔案。

料夾與NAMESPACE檔案查看內容是否正確（如圖四）。

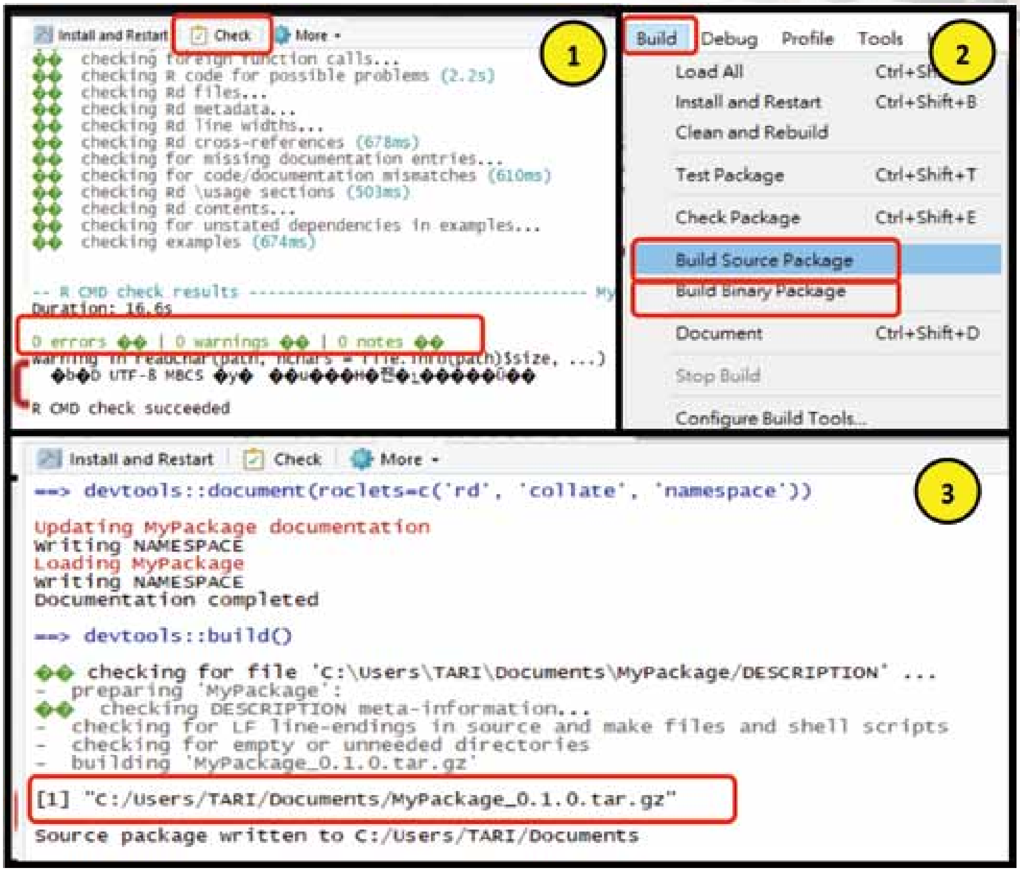
(5) 最後點選右上角Check，檢查套件程式或設定內容是否有錯誤，確認無錯誤或警告訊息，恭喜您的套件已經完成編輯。

(6) 完成編輯的套件可點選上方工作列Build的Build Source Package 和Build Binary Package選項，前者產生MyPackage_0.1.0.tar.gz可提供上傳R CRAN，後者產生MyPackage_0.1.0.zip可提供給朋友使用，完成壓縮檔案之彈跳視窗會顯示套件存放的位置，預設位置為C槽文件夾（如圖五）。

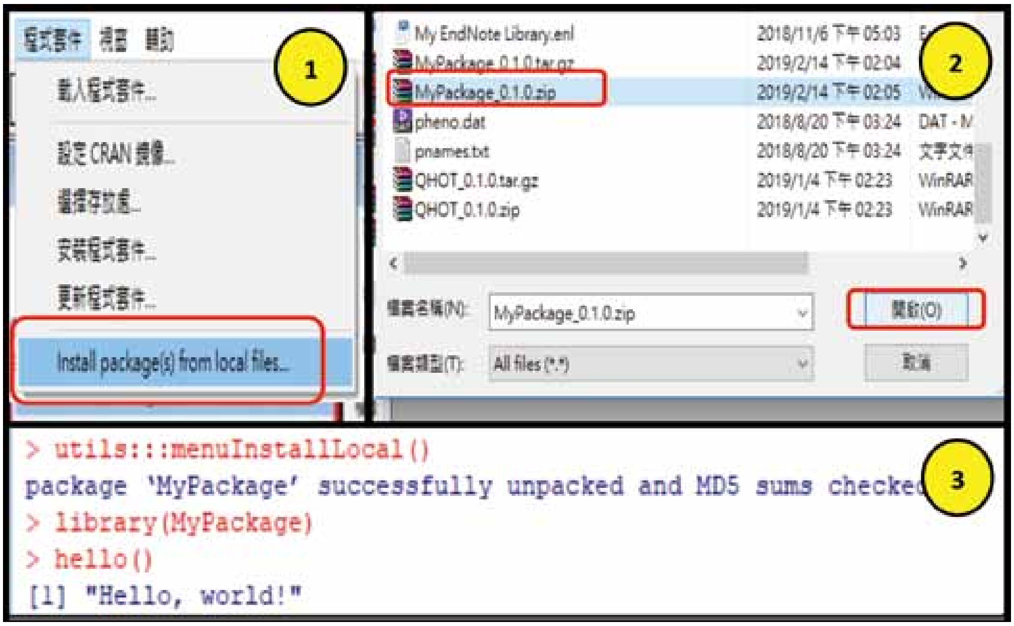
四、R套件的傳遞

如有R程式上課或分享的需求，最便利的方法，就是將R程式建立為R套件儲存成壓縮檔方便套件的傳遞，以MyPackage例子說明，首先打開R軟體之R主控視窗點選上方「程式套件」的Install package(s) from local files選項，再選擇MyPackage_0.1.0.zip位置後開啟，主控視窗將出現成功安裝MyPackage套件的訊息，完成安裝後輸入指令library(MyPackage)呼叫MyPackage套件，再輸入hello()即成功出現「Hello, world!」訊息（如圖六）。

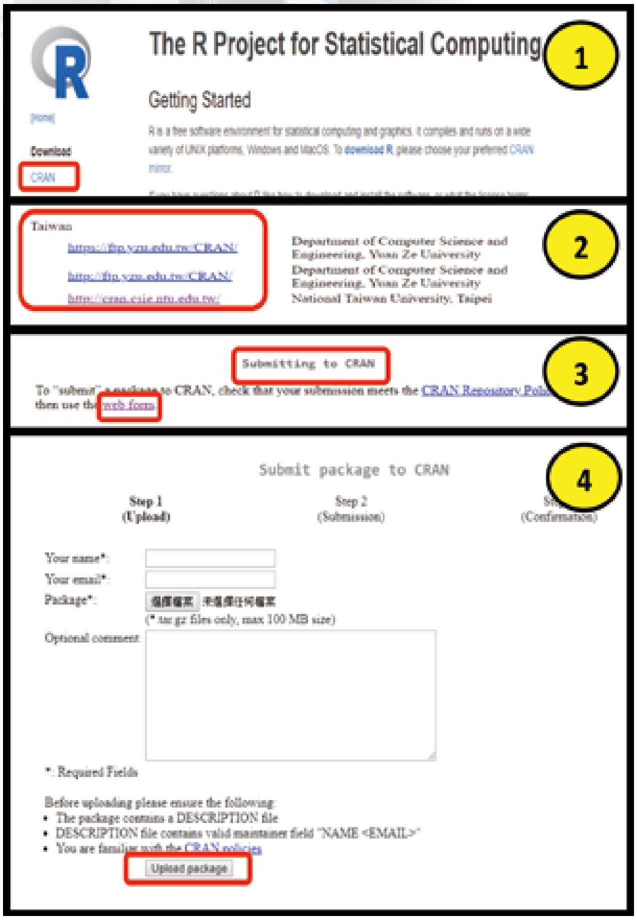
建立之R套件亦可上傳到R CRAN給全球R使用者下載使用，其上傳步驟如下使用MyPackage_0.1.0.tar.gz說明：



圖五、初步檢查套件內容及產生套件壓縮檔。



圖六、R套件的傳遞分享步驟。



圖七、R套件上傳R CRAN步驟。

(1) 在R首頁https://www.r-project.org/，左方列表點選CRAN，再選擇CRAN Mirrors國家（即所在位置），台灣有3個網址位置擇一點選即可。

(2) 在Submitting to CRAN標題下方，點選web form。

(3) 出現3步驟上傳CRAN的畫面，首先填寫姓名、聯絡電郵及上傳MyPackage_0.1.0.tar.gz套件，電郵請正確填寫，隨後系統將自動寄出確認信（如圖七）。

(4) 該確認信內有一確認網址，請點擊該網址即完成確認步驟。

(5) 完成3步驟上傳到R CRAN後，系統會對您上傳的套件做檢測，檢測結果會電郵給您。

(6) 如無大問題再請您等待5個工作天做人工檢測，工作檢測後無問題會再寄出通知信告知您的R套件已可在R CRAN中下載了。

五、結語

建立及上傳R套件的過程簡單，但要順利完成可能不容易，建立R套件時需排解檢查R套件時出現的錯誤及警告訊息，待完成檢查作業上傳R CRAN時，進一步系統及人工進行更嚴格的套件檢查作業，可能又有其他待修正訊息需要進行套件的微調，如果無法了解待修正訊息含意，最好的方式是複製訊息貼到GOOGLE上，即出現其他亦被此訊息困住的R使用者討論串可供參考，完成修正後，再重新上傳更新後的套件即可，約等待5個工作天，如經過R團隊的審核通過，會再電郵通知所編寫的R套件已經上傳到R CRAN供全球R使用者下載使用。

本文簡單介紹建立及上傳R套件的步驟，如想了解R套件的結構及完整功能，除了官方參考手冊https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-exts.html 資訊外，亦可參考Hadley Wickham所寫的線上免費閱讀的電子書R package (http://r-pkgs.had.co.nz/)。

以IPA法探討百香果栽培管理班教育訓練成效

農試所技服組 吳惠卿 劉禎祺

一、前言

人力資源是產業發展與競爭關鍵因素核心價值所在，而「訓練」是提升人力資源最直接且重要的手段之一。政府於民國100年成立農民學院，規劃分層階段性農業終身學習，分別設立不同班別，如入門班(農業通識教育，45歲以下為優先)、初階班(初任農業經營者，從農1年以下)、進階班、進階選修班(農業專業人才，以經營管理課程為主)及高階班(以農業經營管理為主)，期望透過一系列訓練活動來提升參訓學員農業知識與專業技能。

百香果具獨特果香風味，除提供鮮食外，尚有多樣性果汁加工產品，深受消費大眾喜愛。近幾年來，國內外百香果產業發展迅速，國內栽種面積超過650公頃以上，由於百香果具有高利潤及高產值的潛力，致使投入百香果栽培農友逐年攀升。故本研究聚焦於參加農業試驗所農民學院107年度「百香果栽培管理進階選修訓練班」學員為對象，進行IPA績效分析問卷調查，進而了解農業課程訓練對農民所產生之效益，作為日後課程規劃參考重要依據。

通訊作者：吳惠卿助理研究員
連絡電話：04-23317463

二、重要性-表現程度分析法

重要性-表現程度分析法(Importance Performance Analysis，簡稱IPA)係由Martilla與James於1977年提出，以產品使用者(消費者)評估該產品的重要性與表現情形之平均值依據，製成一個二維矩陣，用圖像分析的方式呈現各屬性重要性與表現情形的相對位置，透過分析數值坐落於不同象限上的位置點，以顯現其重要性與表現情形之間的關係，並就此提出策略規劃與建議。

IPA自1970年代迄今被廣泛應用於服務、產品、商標辨識、觀光及零售業等，能快速有效提供經營者有用資訊，近年已有許多研究利用IPA績效分析法來探討教育訓練之重要性與訓練成效滿意度。蔡坤穆等人應用Martilla與James的方法探討台灣高科技產業對國際物流服務的需求，將顧客重視度及滿意度的交叉表現製成IPA重要績效矩陣四個象限(如圖一)，分別表示為：

(一) 第一象限：持續維持區

消費者對此產品、訓練或服務屬性受重視程度及滿意度評價都很高，表示有機會獲得維持競爭優勢，所以此象限為持續維持優勢區域，又稱為「優勢保持區」。

(二) 第二象限：優先改善區

消費者對此產品、訓練或服務，所感知的重要程度很高但滿意度不高。此象限代表對產品、訓練或服務提供者而言，應優先改善產品或服務，若忽視這些可能會造成一連串影響，又稱為「優先改善區」。

(三) 第三象限：次要改善區

消費者對此產品、訓練或服務，所感知的重要程度及滿意度均不高，因此，不需額外努力在這些項目上，對於產品、訓練或服務改善的優先順序較低，屬低優先改善區，又稱為「次要改善區」。

(四) 第四象限：過度重視區

消費者對此產品、訓練或服務，所感知的重要程度低但滿意度很高，有過度供給之意涵，因此，可適當調整資源，移到重要性更高的項目上，又稱為「過度重視區」。

三、研究方法

(一) 問卷設計

本研究問卷正式發放前，先由績優農民(績優產銷班班員等)、部份受訪者的意見、農試所專家等進行修訂，彙整並歸納出百香果栽培管理進階選修班教育訓練成效，分別以參訓動機、課程設計、課綱項目及參訓收穫等4個構面為架構設計問卷。本研究採Likert氏5點量表作為量化工具，量表中「1」表示對問卷題項的敍述非常不同意，以「5」表示非常同意，讓受測者在所列各項衡量項目中選出最適當的分數。

(二) 研究對象及分析方法

本研究係以參加本所107年度農民學院「百香果栽培管理進階選修訓練班」40位學員為研究對象，進行問卷調查，合計發放40份，回收36份，有效問卷34份，回收率85%。本研究以SPSS(Statistics Package for the Social Science)21.0版軟體進行分析，並使用因素分析法(factor analysis)分析能力自我認知程度後，歸納出具代表性因素，繪製成二維矩陣圖，將課程訓練成效設為X軸，課程重要性設為Y軸，依課程成效高低與各問項重要性標記於四個象限中，進行交叉分析以做為課程調整的依據。

(三) 問卷結果

1.受訪者基本資料

受訪者男性占67.7%，女性占32.3%；受訪者教育程度分布情形，以大專占29%為最高，其次是研究所以上占26.5%；受訪者年齡分布情形以51-60歲區間占35.3%最高，其次是41-50歲占26.5%；非相關農業科系畢業占91.2%；受訪者從農時間以4至6年占38.2%最多，次為1至3年占32.4%；受訪者主要栽植果樹占61.8%為最高，其次是蔬菜占23.5%；農地面積在7分至1甲地以上占35.3%最多；79.4%為露天栽培；35.3%農務人力與家人共同合作，農忙時再雇工，而有32.4%受訪者農務人力與家人共同合作不僱工；受訪者居住地分布情形以中部地區(苗栗縣-雲林縣)占52.9%為最高，東部地區(花蓮縣-台東縣)8.8%最少。

2.效度與信度

分析所選用的測量工具是否精確反應出受測標的，對本研究之正確性具有

重大的影響，因此，效度與信度的檢測是很重要的，一般常用的統計指標是利用Cronbach's α係數值來計算相同因素構面的內部一致性。本研究問卷針對課程設計、課綱項目及參訓收穫等研究構念採用Cronbach's α來衡量每個變項之內部的一致性，本問卷之信度Cronbach's α係數介於0.67至0.82之間，顯示本研究變項均具內在一致性如表一。

效度（validity）是指一個測量尺度能確實地度量出研究者所要測量事物的程度，本研究問卷之題項乃經由文獻整理、績優農民(績優產銷班班員等)、部份受訪者的意見及農業專家進行彙整，經初測後修訂再行複測，因此，本研究所用的衡量工具應有一定程度的內容與建構效度。

3.因素分析法

本研究針對「百香果栽培管理進階選修訓練班」參訓學員之教育訓練成效作因素分析，採因素分析法(factor analysis)中的主成分分析，進行KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)取樣適切性與Bartlett球型檢定，當KMO值大於0.8以上，表示適合進行因素分析。並以SPSS(Statistics Package for the Social Science)軟體進行統計分析，發現其KMO值為0.829，確認適合進行因素分析法後，將所有重要因素用最大變異法做直交轉軸，進行因素萃取，刪除因素負荷量小於0.5的題項(8個題項)，取特徵值大於1的主成分，共有4個構面30個題項，構面內容重新命名為課程設計、課綱項目、參訓收穫及參訓動機等，其累積總變異量達88.77%。

4.IPA績效分析法

將因素分析結果之各問項以李克氏量表求得平均值，再以農業教育訓練成效高低之平均值為X軸座標，農業教育訓練重要性之平均值為Y軸座標，將30題項因素平均數分布於二維矩陣，再以農業教育訓練成效高低之平均值4.32為水平線，農業教育訓練重要性之平均值4.48為垂直線，將二維矩陣分為四個象限，(如圖一)，由矩陣右上角逆時針依序為持續維持區為第一象限、優先改善區為第二象限、次要改善區為第三象限、過度重視區為第四象限區，坐落於各象限題項說明如下：

(一) 第一象限：持續維持區

第一象限為農業教育訓練課程重要性感知及訓練成效皆較高的項次，在此象限應持續維持現況，以保原有優勢。由IPA矩陣圖顯示第一象限分別為「講師授課內容與課程契合度」、「講師專業能力」、「講師解說表達能力」、「百香果果園健康管理技術」、「百香果生長、發育與生理特性介紹」、「百香果害蟲防治與管理」、「百香果無毒苗檢測與生產技術」、「達人經驗分享-果園清潔

表一、百香果栽培管理進階選修訓練班學員教育訓練成效評估因素分析表

因素名稱	特徵值	解釋變異量%	Cronbach's
課程設計	6.335	28.478	0.825
課綱項目	5.184	26.341	0.813
參訓收穫	4.091	23.781	0.752
參訓動機	2.217	10.170	0.671
總解釋變異量88.77%			

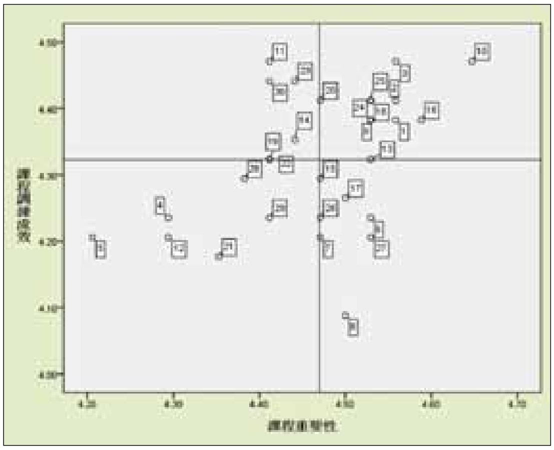
管理」、「達人經驗分享-栽培管理安全用藥」、「有助精進百香果栽培技術」、「有助了解百香果生理特性」等11個題項，落於此象限之題項，表示受訪者對教育訓練課程重要性及訓練成效之認同度高，即該課程實施符合受訪者需求，開課單位應繼續辦理此11項課程。

(二) 第二象限：優先改善區

第二象限為農業教育訓練重要性感知高但訓練成效較低的項次，由IPA矩陣圖顯示第二象限共有4個題項，為「百香果產業與品種特性變化」、「百香果病害防治與管理」、「埔里大坪頂百香果生產合作社參訪」、「百香果產業發展與產業輔導措施」，在此象限顯示受訪者認為農業訓練成效低於本身需求期望，相對於其他象限，此象限應優先加強此4項訓練課程。

(三) 第三象限：次要改善區

第三象限為農業教育訓練重要性感知與訓練成效皆較低的項次，在此象限顯示受訪者認為本項象限內題項其重要性低於第二象限，由IPA矩陣圖顯示第三象限共有8個題項，包括「授課時間長短」、「各項課程時間分配」、「古坑農場參訪-有機栽培營運管理」、「微生物肥料之認識與施用」、「農友經驗分享課程有助實際務農時應用」、「課程可提升肥培管理能力」、「課程可提升採後處理能力」、「課程可強化農場營運管理能力」，在此象限顯示受訪者認為農業訓練成效及受訪者本身需求期望均低，相對於其他象限，此象限應次要加強此8項訓練課程。



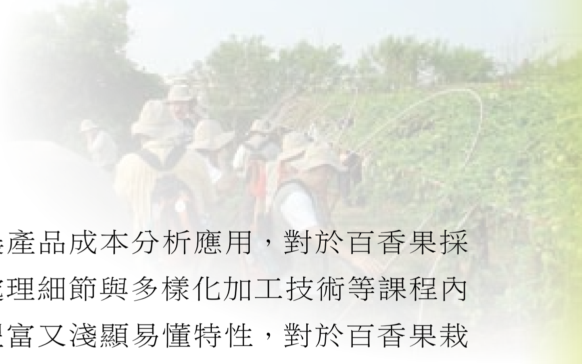
圖一、百香果栽培管理進階選修班學員教育訓練成效IPA分析矩陣。

(四) 第四象限：過度重視區

第四象限為農業教育訓練重要性感知程度低但訓練成效較高的項次，由IPA矩陣圖顯示第四象限共有7個題項，「各項課程內容豐富性又淺顯易懂」、「農產品成本分析在農業上的應用」、「有機百香果生產與銷售」、「百香果果園土壤管理與合理化施肥」、「百香果儲藏與加工」、「課程有助我提升行銷管理能力」、「百香果園水份管理」，在此象限顯示受訪者認為，相較於其他象限而言成效良好，可將投入此象限7項課程資源，改投入其他象限題項中。

四、結論與建議

本研究結果顯示百香果栽培管理進階選修班之參訓學員多為中壯年、高學歷等特質，其訓練成效與性別、年齡、教育程度並無顯著相關。依IPA績效分析法之二為矩陣象限資料分析顯示，講師授課內容與課程契合度、講師專業能力、講師解說表達能力、百香果果園健康管理技術、生長、發育與生理特性介



紹、百香果害蟲防治與管理、百香果無毒苗檢測與生產技術、達人經驗分享-果園清潔與環境維護等，就百香果栽培管理進階選修班學員而言，對於訓練課程及訓練成效之認同度高，即該課程實施符合受訪者需求，本所應繼續辦理該項課程。而埔里大坪頂百香果生產合作社參訪、百香果產業與品種特性變化、百香果病害防治與管理、百香果產業發展與輔導措施，為優先改善項目，經再次詢問學員，學員多表示埔里大坪頂地區是國內百香果重要栽種產區，百香果栽培前會先行透過電腦網路、請教專家或實地請教大坪頂地區農友，對於百香果栽培具一定認識與基礎知識，故建議未來參訪地點可改於其他新興栽培區如屏東等地，以增加課程涵蓋廣度。

學員對於授課時間長短、各項課程時間分配、古坑農場參訪-有機栽培營運管理、微生物肥料之認識與施用、土壤管理與合理化施肥、百香果儲藏與加工、行銷管理等課程並不十分在意，其原因在於國內百香果栽培關鍵在於病毒病害防治，目前主要以健康種苗及化學藥劑防治為主，透過有機栽培管理方式來延緩發病情形並無足夠信心；此外，農友所生產百香果寄送拍賣市場或由加工業者整批收購，多數農友未自行加工處理，銷售通路目前尚無太大問題，因而造成學習成效略低現象。多數學員先前認為要多施肥料，作物生長才會好的觀念，經過本次課程訓練後，逐步建立學員對於果園土壤維護與合理化施肥正確概念，除提升耕作友善環境外，同時強化農產品成本分析應用，對於百香果採後處理細節與多樣化加工技術等課程內容豐富又淺顯易懂特性，對於百香果栽培管理具高度訓練成效。

許多受訪者建議除專業技術交流外，希望課程多安排與相關業者(如加工業者)進行對談，對於農場經營成本控管及風險管理能力提升等課程規劃比例建議多些。因此，未來課程如何客製化規劃設計是值得探討的議題之一。

五、參考文獻

吳惠卿、劉禎祺，2018，青年菇農教育訓練成效評估之探討~以參加農試所農民學院菇類入門訓練班為例，技術服務季刊29(2):24-27。

吳建銘，2015，以IPA績效分析法探討青年農民之經營管理能力~以雲嘉南地區蔬菜產業為例，台南區農業改良場研究彙報第65號:69-81。

鍾依萍、林勝富，2015，農民學院訓練成效之研究:以種苗類植物組織培養技術進階課程為例，農業推廣文彙第60輯:87-100。

萬金生、施瑞賢、楊慕理，2008，台灣鹽博物館遊客認知的重要性與滿意度分析個案研究，第八屆觀光休閒暨餐旅產業永續經營學術研討會:1-10。

吳忠宏、江宜珍，2004，遊客對解說媒體滿意度之研究:以科學工藝博物館為例，台中師院學報18(1):159-183。

蔡坤穆、周豐進、洪韻琇，2010，以IPA法探討台灣高科技產業對國際物流服務的需求，航運季刊19(4):1-20。

淺談農業試驗所(TARI)近年(104-107年)農業科技研發經費結構變化及因應策略

農試所技服組 楊于萱 張純婉 邱瓊慧

一、前言

近年由於科技預算審議之變革，致使農業試驗所研發預算及研究領域間經費結構產生變化，間接影響部份基磐研究領域運作。農業試驗所預算來源計有源自行政院農業委員會(以下簡稱農委會)之公務預算(含農業科技預算、農業發展預算、農業行政預算等)、自其他政府單位以委託或補助等經費、自民間團體或組織獲得之經費等，其中研發經費仍以公務預算中之「農業科技預算」為主。本文謹就本所「農業科技預算」近4年研究領域經費結構變化進行說明，期能協助研究人員作為日後爭取計畫經費之參考。

二、TARI近年農業科技研發經費結構變化及現況問題

農委會農業科技計畫類別，可簡要分為科技部專案審議及管制之政策型計畫(以下簡稱政策計畫)、一般延續型計畫(以下簡稱延續計畫)及農委會控管屆期回收之多年期換新計畫(以下簡稱換新計畫)三類，近年由於政府在特定的重大議題上，推出產業創新政策分別因應，如106年度旗艦計畫、107年前瞻基礎建設(科技類別)計畫及新農業推動方案等，致使農委會之各類型計畫分布比例產生大幅變化，如106年爭取之政策計畫額度自14.36億元增加至24.67 億元，延續計畫額度則自26.51 億元減少至22.16 億元 (蔡及彭, 2017)。

農業試驗所各類型計畫結構變化趨勢亦與農委會相似，以政策計畫增幅最為明顯，延續計畫經費則逐年下降。以政策計畫件數觀之，統籌或參與執行之政策計畫件數逐年增加，由105年度執行2件計畫，至107年度累積執行件數為10件，其中由農業試驗所統籌主導計畫計有「安全機能性產品產業價值鏈之優化整合與加值推動」、「智慧農業」、「台灣重要農作物核心種原基因體資源開發及快速育種平台之建置」、及「建立農業生產資源及生態環境友善管理新模式」等(詳表一)。接著，以經費分布比重觀之，政策計畫經費佔比由29%增加為59%，延續計畫則由56%減少為30%(圖一)。另一方面，若以領域別屬性探究經

作　　者：楊于萱助理研究員
連絡電話：04-23317452

費結構變化，政策計畫經費大幅提高，卻也壓縮了其它研究領域計畫經費，使其佔比亦呈現逐年下降趨勢，如「農糧與農環科技研發」由45%下降為27%，「防疫檢疫科技發展」由9%降至6%，「農業電子化」則由8%下降至2%(如圖二)。

本所近年積極爭取政策計畫雖使本所總預算呈現逐年成長，不過近年來農委會延續型計畫之預算額度於科技審議時遭大幅刪減，相對地限制延續型計畫經費的爭取與發展，導致其經費逐年萎縮。本所延續型計畫多為支應基磐研究發展，如水稻、雜糧、特用作物、果樹、蔬菜、花卉及菇類等作物育種、作物種原保存、更新及繁殖、國家種原中心維護及長期生態研究等。若以本所育種計畫經費為例，近年來育種經費由104年度佔比之15%，逐年降低至106年度佔比僅剩8%(圖三)，對育種工作影響甚鉅。

由前述經費結構變化趨勢可知，政策計畫已佔農業試驗所總預算之五成以上，深究農業試驗所近年獲得多項政策型計畫以保持年度預算逐年增長原因，可歸功於農業試驗所歷年建立之創新機制與策略作為：

(一)導入科技前瞻策略規劃研究，辦理相關論壇及工作坊，引導研究人員腦力激盪，整合既有研究及素材，型塑及開發創新科研領域。

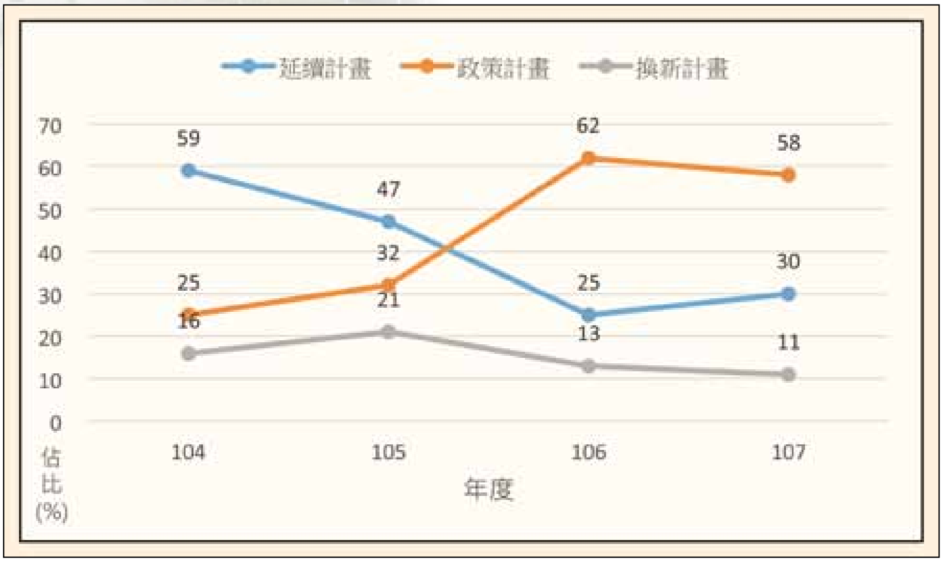
(二)積極進行與國內、外農業、工業等學研機構展開跨域交流合作，除建立科技研發夥伴關係外，亦累積及提升本所科技研發量能。

(三)針對特定政策及科研議題，邀集跨領域專家學者及農業試驗所跨組室研究人員成立對應之專案團隊，歸納聚焦研究主軸與執行策略，積極爭取跨部會及政策型計畫，推動農業產業轉型升級。

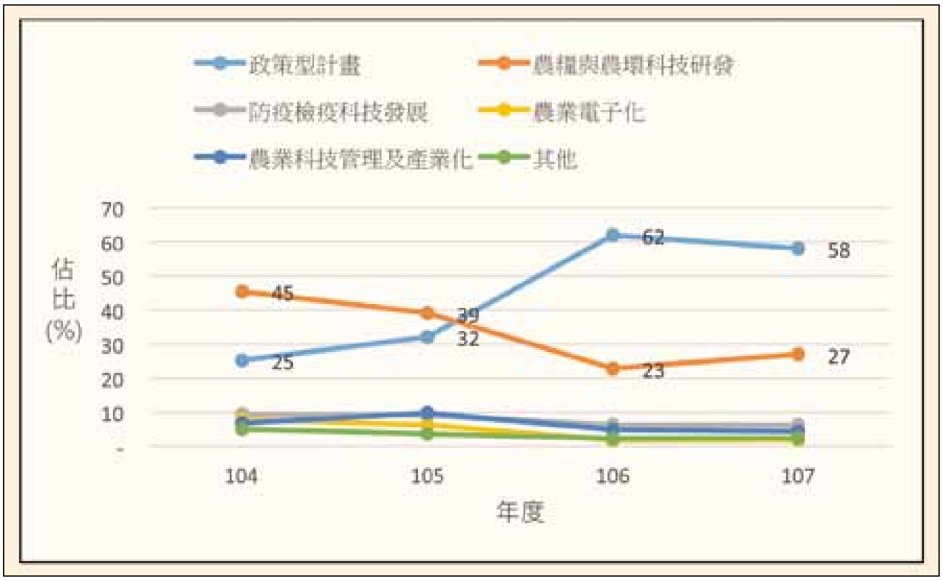
三、目前作法及因應政策建議

表一、107 年度農業試驗所統籌或參與執行之政策計畫一覽表

項次	政策計畫名稱	計畫期程/年度	統籌機關/單位
1	安全機能性產品產業價值鏈之優化整合與加值推動	105-108	農試所
2	農業生產環境安全管理研發計畫	105-108	農水處
3	智慧農業計畫	106-109	科技處、農試所
4	台灣重要農作物核心種原基因體資源開發及快速育種平台之建置	106-109	農試所
5	推動農業生物經濟產業國際化與永續發展計畫	106-109	科技處
6	因應食安五環建構校園午餐之農安監控及供應體系	106-109	藥毒所
7	加值化農產品產銷及物流技術，運籌亞太潛力市場	106-109	農糧署
8	農業資源循環暨農能共構之產業創新	106-109	水試所
9	產學研加速鏈結價值創新農業	106-109	科技處
10	建立農業生產資源及生態環境友善管理新模式	107-110	農試所



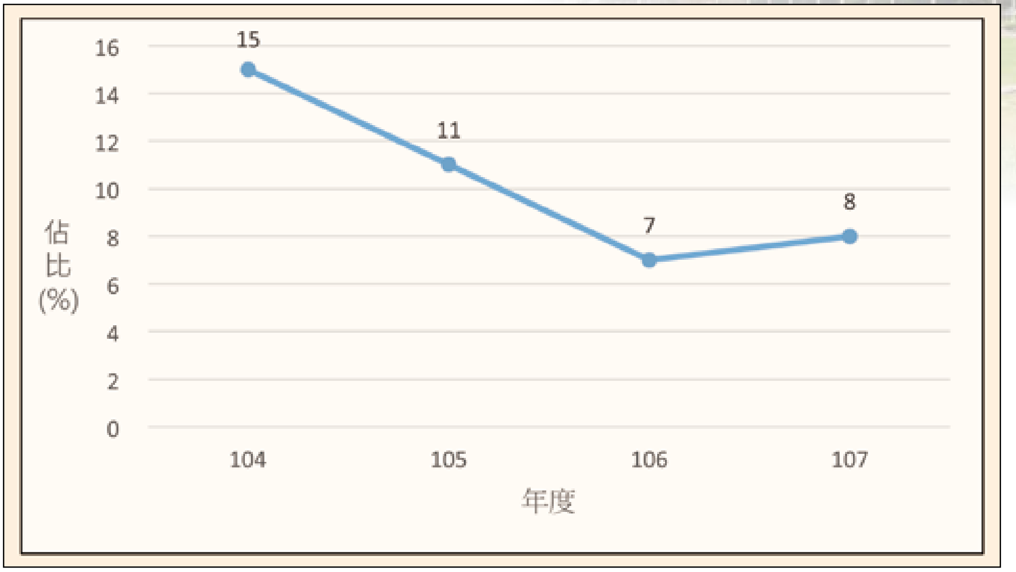
圖一、本所104~107年各類型農業科技計畫經費佔當年度總經費比例。



圖二、本所104-107年各領域農業科技計畫預算佔當年度總經費比例。

(四)建立計畫先期審查及汰舊換新機制，確認計畫研究方向符合農業科技政策及產業需求，並維持每年計畫汰舊更新比例為10%，檢討整併性質重複計畫，落實資源統籌，提升科技研發效率。

另外觀察目前預算爭取原則，依據科技部「109年度政府科技發展計畫概算編製暨審議作業手冊」提示重點如下：「各機關應確實檢討不合時宜、績效不彰之工作項目，將經費優先支應配合國家推動之5+2產業創新政策(例如：亞洲矽谷、智慧機械、綠能產業、生醫產業、新農業、循環經濟圈等)，重大會議結論(例如：全國科技會議、行政院科技會報會議等)、方案或措施等具急迫性、即時性之新興科技研發課題」、「應強化自



圖三、本所104~107年育種計畫經費佔當年度總經費比例。

評，並將上中下游相關工作項目之計畫整併、避免重複，以發揮執行綜效。」等。由此可見，未來政府科技研發預算仍以配合政策方向為首要之務，並著重檢討及整併績效不彰或重複性計畫。著眼於此，農業試驗所將持續承繼前述科研規劃策略，並扣合農委會「新農業科技策略規劃」，拓展科研創新機制，以接軌國際農業科研及產業脈動，由此蓄積之科技研發能量，作為爭取政策計畫之強力後盾。

值得注意的是，爭取政策計畫雖能維持農業試驗所科研預算穩定增長，但領域經費結構不平衡及基磐研究經費萎縮問題亦有待解決。基磐研究為協助國家及產業發展之重要基石，因應目前政策導向及經費結構變化，建議可發展下列策略因應：

(一) 強化基磐研究重要性與定位，爭取農業政策支持並獲得政策計畫預算之額外挹注，達到開源的目的。例如農業試驗所106年度「台灣重要農作物核心種原基因體資源開發及快速育種平台之建置」爭取獲得之四年計畫。

(二)強化農委會所屬研究機構間及機關內部之橫向合作機制或權責劃分，減少資源重複投入與浪費，解決基磐研究經費日益減少之困境，達到節流目的。

四、結語

「研發創新、跨域整合、資源統整」為農業試驗所多年累積之核心量能，未來農業試驗所仍將繼續善用此特色，遵循國家農業發展政策，落實以產業問題為導向之科技研發，適時動態調整本所科研結構，並持續強化跨領域及跨機構之合作，以促進台灣農業升級。

五、參考文獻

蔡偉皇、彭思錦。2017。落實計畫考核，推動農業產業轉型升級。農政與農情。360：6-8。

種苗品質管控新利器「蘭花植體營養健康指標」

本所108年07月12日新聞稿

農試所花卉研究中心 戴廷恩

蘭花也需要健康檢查喔!由於植物種類眾多，又有不同生育階段，在植體元素含量方面尚無標準值，無法得知植物體內的營養狀況，據以判斷植株的健康程度。行政院農業委員會農業試驗所為解決本項問題，多年來進行蝴蝶蘭及文心蘭等重要蘭花種苗植體元素分析，建立以水苔介質栽培之葉片營養元素含量資料，目前正與產業界合作，持續採樣擴大分析資料庫，期能提供蘭花業者作為強化肥培管理措施之參考依據，保障外銷種苗符合買家對後續開花品質的要求。

定期檢查，為穩定蘭花種苗品質的重要關鍵之一

農試所表示，肥培管理為蘭花栽培管理的定期作業之一，歐美花卉先進國家的蘭花業者會定期取樣送交專業單位分析，依據分析結果判斷植株生育狀況，並調整肥培管理策略。如同人類身體健康檢查，各項指標均累積長期分析數據，建立可信的正常值範圍，據以判斷個人身體健康狀況，做為自我調養與接受醫療之依據。蘭花也一樣，植物葉片缺乏營養元素、過量及比例不當等，與生理障礙間的相關性，必須仰賴肥培管理資料的基礎數據收集，進行長期營養元素分析，據以建立可信的健康程度指標。該所建立的蘭花植體營養元素標準值，未來可作為衡量植物健康與否的輔助依據。

建立植體營養元素標準，提供蘭花種苗「健康檢查」之依據

為建立蝴蝶蘭與文心蘭等重要蘭花於臺灣氣候環境以水苔栽培模式之植物葉片元素標準，該所花卉研究中心自103年至今已累計分析臺灣54家業者共5,891件樣品，發現蘭花葉片與品質最直接相關之「氮」與「鉀」元素濃度範圍分別為1.14至2.51%之間及1.18至4.47%之間，可提供現階段業者進行蘭園肥培管理參考。

植物體中不同的營養元素含量及比例，關係到植株根部及葉片生長、抽梗、開花品質、花數、耐貯運程度、抗逆境能力等重要品質特性。為使臺灣蘭花產業提高穩質穩量之生產能力，該所將持續與臺灣蘭花產銷發展協會建置之蘭花商業品種服務中心合作，針對不同品種於貯運前後不同栽培階段之營養元素變化，擴大完善資料庫數據，建立蘭花種苗健康檢查之診斷依據。

作　　者：戴廷恩研究員
連絡電話：05-5828151

鳳梨果實快速截切技術
小型農產加工的新利器

本所108年08月08日新聞稿

農試所嘉義分所 唐佳惠 陳甘澍

行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所研發鳳梨果實機械化快速截切技術，可快速完成鮮食或加工用的鳳梨果實削皮及切片等作業，配合滲糖機及紅外線烘焙機，可加快鳳梨果乾之製作並且節省能源費；切下的果皮以壓榨機處理後，可減少廢棄物體積及含水量，並排除過多糖分及堆疊產生的異味，可供做青貯飼料或堆肥的原料。農友若想進一步瞭解，歡迎洽詢農業試驗所，技術人員將竭誠提供說明。

本技術全自動機械化去皮、加速截切、滲糖，具有節能與降低廢棄物含糖量之優點

農試所表示，國內近年鳳梨收穫面積在8至9千公頃，年產量超過44萬公噸，其中80%以上為台農17號。鳳梨易受氣候環境及水分管理之影響，如降雨過多易產生肉聲果，較不耐貯藏及運輸，若能利用加工技術提高肉聲果利用價值，則可減輕產銷壓力。

農試所說明，鳳梨前端處理的去皮及截切速度常為加工作業的瓶頸，本技術利用全自動機械化去皮、輔助人工模組化切片，每分鐘平均處理量可達10至15顆果實，每日截切量可達4,800果以上，以每果1.2公斤為例，每日可截切將近6公噸的鮮果。截切後的果肉立即移入滲糖機，除可節省冷藏庫之空間需求外，亦能有效減少冷藏能源費之支出；另外，取出果肉後，果皮以壓榨機除去大部分之水分及糖分，每小時處理可達100公斤以上，不但減少廢棄物之體積與重量，更可避免因糖分高而衍生堆置時之異味。該所強調，本技術不但有效提高果肉的截切效率，更具備節能、減廢及友善環境等優點，實為小型加工廠加速鳳梨處理速度之新利器。

圖一、鳳梨果實削皮機，可全自動削除果皮。

作　　者：唐佳惠助理研究員
連絡電話：05-2753152

農業試驗所

最新技術授權資訊

蔬果低鹽乳酸發酵技術

- 已授權王品餐飲股份有限公司生產、製造。
- 洽詢電話：**04-23397387#2306**
- 地址：台中市霧峰區四德路142號

茶食系果乾輕度加工技術

- 已授權王品餐飲股份有限公司生產、製造。
- 洽詢電話：**04-23397387#2306**
- 地址：台中市霧峰區四德路142號

多種常檢出農藥免疫檢測技術

- 已授權台灣尖端先進生技醫藥股份有限公司生產、製造。
- 洽詢電話：**04-22253759#122**
- 地址：新北市汐止區康寧街169巷25號9樓

技術服務季刊
機構典藏

ISSN 1017-0863
9 771017 086004
GPN：2007900008
定價：NT$35